WEBERS ILLUSTRIRTE KATECHISMEN.

№ 107

Blaas.

Petrographie.

2. Auflage.

3 Mark

LEIPZIG, VERLAG von J. J. WEBER.

Webers Illustrierte Katechismen

Bergbaukunde. Von Oberbergrat Professor G. Köhler. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 224 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark.

Chemie. Von Prof. Dr. H. Hirzel. Siebente, vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark.

Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 268 Abbildungen und 13 Tafeln. In Originalleinenband 4 Mark 50 Pf.

Differential- und Integralrechnung. Von Franz Bendt. Mit 39 Figuren. In Originalleinenband 3 Mark.

Elektrochemie. Von Dr. Walther Löb. Mit 43 Abbildungen. In Originalleinenband 3 Mark.

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vollständig umgearbeitete Auflage Mit 256 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark 50 Pf.

Feldmesskunst. Von Dr. C. Pietsch. Sechste Auflage. Mit 75 Abbildungen. In Originalleinenband 1 Mark 80 Pf.

Geologie. Von Dr. Hippolyt Haas. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 157 Abbildungen und 1 Tafel. In Originalleinenband 3 Mark.

Geometrie, analytische. Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 Abbildungen. In Originalleinenband 2 Mark 40 Pf.

Geometrie, ebene und räumliche. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. In Originalleinenband 3 Mark.

Hüttenkunde, allgemeine. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark 50 Pf.

Markscheidekunst. Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. In Originalleinenband 3 Mark.

Mechanik. Von Ph. Huber. Sechste Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend neu bearbeitet von Walther Lange. Mit 196 Abbildungen. In Originalleinenband 3 Mark 50 Pf.

Mineralogie. Von Dr. Eugen Hussak. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 154 Abbildungen. In Originalleinenband 2 Mark 50 Pf.

Nivellierkunst. Von Prof. Dr. C. Pietsch. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. In Originalleinenband 2 Mark.

Physik. Von Dr. J. Kollert. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 273 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark 50 Pf.

Projektionslehre. Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Mit 100 Abbildungen. In Originalleinenband 2 Mark.

Raumberechnung. Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Dr. C. Pietsch. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. In Originalleinenband 1 Mark 80 Pf.

Statik. Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walther Lange. Mit 284 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark.

Trigonometrie. Von Franz Bendt. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. In Originalleinenband 1 Mark 80 Pf.

Versteinerungskunde. (Petrefaktenkunde, Paläontologie.) Von Hippolyt Haas. Mit 178 Abbildungen. In Originalleinenband 3 Mark.

Verzeichnisse mit ausführlicher Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes und Schlagwortregister stehen auf Wunsch kostenfrei zur Verfügung.

Katechismus der Petrographie.

Katechismus

der

Petrographie

(Gesteinskunde).

Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine

von

Dr. J. Blaas

o. ö. Professor der Geologie an der Universität Innsbruck.

Mit 86 in den Text gedruckten Abbildungen.

Zweite, vermehrte Auflage.

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber

1898

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Büchlein verdankt seine Entstehung dem Wunsche, die Lehren der Petrographie in bündiger Kürze und übersichtlicher Darstellung zu besitzen. Den Anfänger oder auch den Fachmann anderer Disziplinen, welcher zuweilen einen Blick auf dieses Gebiet zu werfen hat, kostet es gewöhnlich große Ueberwindung, sich durch ein voluminöses Werk durchzuarbeiten, was gerade in der Gesteinskunde bisher nötig war, wenn man sich nicht auf Auszüge, wie sie sich in Lehrbüchern der Geologie gewöhnlich finden, beschränken konnte oder wollte. Besonders sind es die mikroskopischen Verhältnisse, welche in denselben eine viel zu oberflächliche Behandlung finden können; und doch verdienen gerade diese immer mehr eine eingehendere Berücksichtigung in der Gesteinslehre, wie schon aus den Worten Vogelsangs hervorgeht: „Ein Gestein kann nicht dem System eingereiht werden, es ist fremd, unbekannt, solange in dieser Hinsicht Unklarheit besteht“.

In gedrängter Kürze und doch hinreichender Ausführlichkeit sucht daher das vorliegende Werkchen den Interessenten vorzüglich hinsichtlich des mikroskopischen Teiles gerecht zu werden.

Daß ein derartiges Büchlein naturgemäß eine kompilatorische Arbeit sein wird, braucht kaum erwähnt zu werden, und wenn ihm eine nachsichtige Kritik einen Wert zuspricht, wird es bezüglich Auswahl und Anordnung des Stoffes und der Darstellungsform geschehen. Die flüchtige Behandlung der so komplizierten optischen Verhältnisse wird mit Rücksicht auf den beschränkten Raum, der diesen Zeilen gestattet war, gewiß entschuldigt werden.

Bei der heutigen Popularität der Naturwissenschaften dürfte dieses Werkchen auch manchem Laien willkommen sein, und so möge es denn sowohl bei diesen als besonders bei angehenden Naturforschern viele Freunde, von seiten der Fachgenossen aber eine nachsichtige Beurteilung finden!

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die vorliegende zweite Auflage wurde im allgemeinen Teile nicht unerheblich vermehrt. Die beigegebenen mikroskopischen Bilder sollen demjenigen, der nicht in der Lage ist, Gesteinsdünnschliffe unter dem Mikroskope besichtigen zu können, wenigstens eine beiläufige Vorstellung von der Entwickelung und Verknüpfung der Gemengteile geben. Ein vollständiges Register ermöglicht es, daß sich auch der Fernerstehende rasch über einen ihm unterkommenden petrographischen Ausdruck unterrichten kann.

Aenderungen in der Anordnung des Stoffes und vor allem in der Systematik wurden aus im Texte hervorgehobenen Gründen vermieden.

Möge das Büchlein, das bei seinem ersten Erscheinen eine wohlwollende Aufnahme gefunden, auch in der neuen Auflage Freunde finden und sowohl angehenden Petrographen wie anderen Interessenten nützlich werden!

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Erster Teil.

Allgemeine Petrographie.

Dritter Teil.

Geologische Petrographie.

I. Lagerungsformen der Gesteine.

II. Entstehung der Gesteine.

Katechismus der Petrographie.

Einleitung.

1. Begriff und Aufgabe. Unter Petrographie versteht man die Lehre von den die Erdkruste zusammensetzenden Gesteinen. Gesteine sind mehr oder weniger ausgedehnte, am Aufbau des festen Bodens und der Gebirge (daher Fels- und Gebirgsarten) hervorragend Anteil nehmende, in der Regel fest verbundene Mineralaggregate. Die Aufgabe der Petrographie besteht daher zunächst in der Beschreibung und systematischen Gruppierung der Gesteine, im weiteren Sinne dann aber auch in der Erforschung und Erklärung ihres Ursprunges und ihrer im Laufe der Zeiten eingetretenen Veränderung, endlich in der Darstellung der Art und Weise, wie sich dieselben als architektonische Glieder in den Bau der Erdveste einfügen. In letzterer Beziehung berührt sie sich innig mit einer anderen Disziplin, deren wichtigste Hilfswissenschaft sie selbst ist, mit der Geologie, so daß die Grenzen nach dieser Seite hin nicht leicht zu ziehen sind.

2. Hilfswissenschaften. Das Studium der Petrographie setzt gewisse Kenntnisse voraus, unter welchen als wichtigste die der Mineralogie zu nennen ist. Zu einem wissenschaftlichen Studium der Mineralogie ist aber Vertrautheit mit den Hauptlehren der Chemie und Physik und zwar von letzterer vorzüglich eine genaue Bekanntschaft mit der Optik erforderlich, da es besonders die optischen Eigenschaften der Mineralien sind, welche in der Petrographie zu ihrer Diagnose verwendet werden.

3. Geschichtliches. Die Petrographie ist eine noch junge Wissenschaft. Man kann hier füglich alles, was sich etwa diesbezüglich im Altertum und Mittelalter finden mag, übergehen. Was über Mineralien und Gesteine, wenn sie überhaupt unterschieden wurden,

bekannt war, bezog sich vornehmlich auf ihre Nutzanwendung und ihre mysteriösen Kräfte. G. Agricola (1494—1555), der ein Werk über den Bergbau schrieb, gab die erste positive Andeutung einer Gesteinslehre. Trotzdem, daß nach ihm sowohl auf dem Gebiete der Chemie, als auch in der Erkenntnis der Mineralien, die man allmählich von Gesteinen zu unterscheiden begann, an Namen wie Paracelsus, N. Steno und später Cronsted, der sein Mineralsystem bereits auf chemischer Grundlage aufbaute, ein bedeutender Fortschritt in der Wissenschaft geknüpft war, dauerte es doch noch mehr als zwei Jahrhunderte, bis mit A. G. Werner (1749—1817) ein Mann auftrat, der auf dem Gebiete der Mineralogie und Geologie lange Zeit die naturwissenschaftliche Welt beherrschte. Werner wurde durch seine Lehre, daß alle Gesteine sich aus dem Wasser abgesetzt hätten, die unleugbar massigen Gesteine aber, deren Ausdehnung eine sehr geringe sei, durch Erdbrände entstanden wären, der Begründer des Neptunismus. Die Reaktion gegen Werners Ansichten trat am schroffsten in der Lehre des Schottländers James Hutton von einer allgemeinen pyrogenen Entstehung der Gesteine, dem sogenannten Vulkanismus, hervor. Der Kampf zwischen beiden extremen Richtungen rief eine Reihe von Experimenten (James Hall 1761—1832) zur Erhärtung der einen oder der anderen Ansicht hervor, welche für die Entwickelung unserer Wissenschaft von der weittragendsten Bedeutung waren. Die gleichzeitigen eminenten Fortschritte der Chemie durch Klaproth, Vauquelin, Berzelius u. a. und die Leistungen auf dem Gebiete der Krystallographie (z. B. durch Hauy) in Verbindung mit der großartigen Erweiterung unserer geologischen Kenntnisse durch die Reisen Leop. v. Buchs und A. v. Humboldts schufen die Basis der gegenwärtigen petrographischen Wissenschaft. Eine Reihe von Mineralogen wie Mohs, Weiß, Breithaupt, Haidinger, Naumann, Rose &c. förderten in Verbindung mit den obengenannten Chemikern alle jene Hilfswissenschaften, ohne welche G. Bischofs (1792—1870) „Chemisch-physikalische Geologie“ nicht entstanden wäre, ein Werk, welches wohl als Grundlage der gegenwärtigen wissenschaftlichen Gesteinslehre angesehen werden kann. Die Versuche über Gesteinsgenesis und -metamorphose, sowie die großartigen Fortschritte der Physik vorzüglich in der Optik und die sich mehr und mehr entwickelnde Gesteinsmikroskopie, um welche sich Männer wie Nicol, Brewster, Davy, Zincken, Frankenheim, G. Rose, Th. Scheerer, G. Jenzsch, Knop, G. v. Rath und zahlreiche andere unserer Zeitgenossen unsterbliche Verdienste erworben,

waren es vorzüglich, die der Petrographie die Mittel an die Hand gegeben, sich mehr und mehr zu einer selbständigen Disziplin zu erheben und es zur gegenwärtigen Vollkommenheit zu bringen.

4. Litteratur. Die wichtigste, neuere allgemeine Litteratur in deutscher Sprache ist die folgende:

Zirkel, F., „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine". Leipzig 1873.

Doelter, C., „Die Bestimmung der petrographisch wichtigeren Mineralien durch das Mikroskop". Wien 1876.

Hussak, E., „Anleitung zur Bestimmung der gesteinsbildenden Mineralien". Leipzig 1885.

Lasaulx, A. v., „Einführung in die Gesteinslehre". Breslau 1886.

Kalkowsky, E., „Elemente der Lithologie". Heidelberg 1886.

Rosenbusch, H., „Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine". Stuttgart 1887.

Gümbel, K. W. v., „Grundzüge der Geologie". Kassel 1888.

Rosenbusch, H., „Hilfstabellen zur mikroskopischen Mineralbestimmung in Gesteinen". Stuttgart 1888.

Rosenbusch, H., „Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien". Stuttgart 1892.

Zirkel, F., „Lehrbuch der Petrographie". Leipzig 1893.

Loewinson-Lessing, F., „Petrographisches Lexikon". Jurjew 1893—1894.

Rosenbusch, H., „Elemente der Gesteinslehre". Stuttgart 1898.

Eine vollständige Litteratur über „Die petrographischen Untersuchungsmethoden" hat E. Cohen gegeben. Stuttgart 1896.

Aeltere Werke sind die von Blum, Cotta, Kenngott, Lang, Leonhard, Naumann, Senft u. a. Für die Gesteinschemie von Wichtigkeit sind:

Roth, J., „Die Gesteinsanalysen". Berlin 1861.

Derselbe, „Allgemeine chemische Geologie". Berlin 1879—1890.

Eine mehr oder weniger ausführliche Uebersicht der Gesteinslehre findet sich ferner in allen Hand- und Lehrbüchern der Geologie. Detailarbeiten liefern in großer Zahl die Zeitschriften und periodischen Werke, so z. B. die „Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft" — das „Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie", (gegründet von K. C. v. Leonhard und H. G. Bronn, fortgesetzt von G. Leonhard, Geinitz, Benecke, Klein, Rosenbusch, Bauer, Dames

und Liebisch) — das „Jahrbuch" und die „Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt" — Tschermaks „Mineralogische Mitteilungen" herausgegeben von Becke — Groths „Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie".

Die wichtigste besondere Litteratur findet man bei den einzelnen Kapiteln angegeben.

5. **Einteilung des Stoffes.** Naturgemäß zerfällt jede beschreibende Disziplin in einen allgemeinen und einen besondern Teil, wobei der allgemeine Teil das allen einzelnen Gliedern Gemeinsame zum Gegenstande hat, der besondere, systematische Teil sich mit der Aufzählung, Beschreibung und Unterscheidung der Einzelerscheinung beschäftigt. In der folgenden Darstellung wurden jedoch gewisse Lehren, die gewöhnlich in der allgemeinen Gesteinslehre behandelt werden, davon abgetrennt und in einem besonderen Abschnitte hinter dem speziellen Teil angefügt. Es sind dies jene Erscheinungen, auf deren Behandlung beide Disziplinen, die Geologie und Petrographie, gleichen Anspruch erheben, nämlich die Lehre von der Lagerung, Genesis (Entstehung) und Metamorphose (Umwandlung) der Gesteine. Dieselben werden auch dem Lernenden mit mehr Gewinn erst dann vorgetragen, wenn er das Material, um dessen Entstehung und architektonischen Bau es sich handelt, bereits kennt, und sind daher als dritter Teil unter dem Namen geologische Petrographie zusammengefaßt.

Erster Teil.

Allgemeine Petrographie.

---

6. **Erklärung.** Die folgenden allgemeinen Lehren sind unter die Kategorieen von Stoff, Form, chemische und physikalische Eigenschaften der Gesteine gebracht. Da die Gesteine nicht homogene Individuen, sondern Aggregate sind, so werden unter Stoff nicht chemische Elemente, sondern die zusammensetzenden Bestandteile, das Gesteinsmaterial, verstanden. Aus demselben Grunde ist die Form der Gesteine nicht wie bei den Mineralien in der Wesenheit des Stoffes begründet, sondern durch mechanische Einwirkungen und zufällige Umstände hervorgebracht. Am deutlichsten ist dies in der äußern Umgrenzung der Gesteinsmassen (den Lagerungsformen), welche im dritten Teil ihre Behandlung finden, ersichtlich. Aber auch die innere Form, die Struktur- und Absonderungsverhältnisse, werden durch rein zufällige Umstände, wie Gestalt der ausgeschiedenen Mineralien, Abkühlungsverschiedenheiten, äußeren Druck 2c., hervorgebracht. Die physikalischen Eigenschaften sind, mit Ausnahme etwa des spez. Gewichtes, selbst bei materiell vollkommen gleichen Gesteinen so schwankend und von zahlreichen Zufälligkeiten abhängig, daß sie im allgemeinen Teile nur eine höchst untergeordnete Behandlung finden können. Wichtiger sind die chemischen Eigenschaften, da ihre Kenntnis mitunter für die Bestimmung der mineralischen Natur der Gemengteile von großem Werte ist. Selbstverständlich finden die beiden letzteren Eigenschaften vorzüglich dort besondere Berücksichtigung, wo infolge des Herabsinkens der Gemengteile zu winzigen Dimensionen dem Beschauer nicht so sehr diese, als vielmehr das ganze Gestein als

ein homogenes Individuum entgegentritt. — An diese allgemeinen Erscheinungen reiht sich endlich die Beantwortung der Frage nach den Prinzipien der Anordnung der Gesteine im System.

A. Das Gesteinsmaterial.

7. Konstituierende Bestandteile. Die Elemente, aus welchen sich ein Gestein aufbaut, sind in der Regel unorganische Körper, Mineralien (minerogene Gesteine); doch finden sich auch ausgedehnte Gesteinskomplexe, deren Material vorwiegend organischen Ursprungs ist; es sind dies die Kohlengesteine und die fossilen Harze (phytogene Gesteine), und solche, die größtenteils aus Conchylienschalen oder den Gerüsten und Panzern von oft mikroskopisch kleinen Tieren aufgebaut sind (zoogene Gesteine).

8. Krystalline und klastische Gesteine. Die einzelnen Mineralien treten nun entweder unmittelbar zur Bildung eines Gesteines zusammen, indem sie bald aus einem Schmelzflusse, bald aus einer Lösung, je nachdem eben die Substanz, aus welcher das Gestein entstanden, ursprünglich vorhanden war, als Krystalle, häufig unter gegenseitiger Hinderung ihrer Entwickelung, ausgeschieden wurden, oder das Gestein besteht aus Bruchstücken früherer derartig entstandener Mineralmassen, wobei dann diese Bruchstücke durch ein mehr oder weniger deutlich erkennbares Bindemittel (Zement) verkittet wurden. Erstere heißen krystalline oder ursprüngliche (protogene) Gesteine, letztere klastische (deuterogene) oder Trümmergesteine. Ganzkrystalline (holokrystalline) Gesteine werden nur aus Krystallen aufgebaut, halbkrystallin (hypokrystallin) hat man solche Gesteine genannt, welche neben krystallinen Ausscheidungen eine amorphe Masse besitzen. Ferner unterscheidet man, je nachdem die Gemengteile krystalliner Gesteine schon mit bloßem Auge oder erst nach Zuhilfenahme des Mikroskopes erkennbar sind, zwischen makrokrystallinen (phaneromeren) und mikrokrystallinen (kryptomeren, dichten, aphanitischen)*) Gesteinen.

Da, wie eben erwähnt, die klastischen Gesteine sich aus ursprünglichen krystallinen zusammensetzen, so bezieht sich selbstredend das im folgenden über die Gemengteile Angeführte zunächst auf die ursprünglichen Gesteine.

---

*) Phanero- und kryptomer 2c. sind termini, die übrigens auch bei deuterogenen Gesteinen gebraucht werden.

Eine mehr untergeordnete Rolle spielen die sogen. amorphen Gesteine, welche entweder, wie die natürlichen Gläser (Obsidian, Pechstein 2c.) fast ohne Individualisierung von Gemengteilen aus einem Schmelzflusse erstarrt sind und hyaline Gesteine heißen, oder nach und nach aus einem gallertartigen Zustand erhärteten (Opalschiefer); letztere werden auch porodine Gesteine genannt.

9. **Uebersicht.** Im folgenden sollen nun das Wertverhältnis der Gemengteile und die Wege, welche zur Bestimmung derselben führen, angegeben werden. Je nachdem man sich nur mit der Feststellung jener Gemengteile, welche entweder mit freiem Auge, oder doch schon nach Zuhilfenahme der Lupe erkennbar sind, begnügt, oder zur Bestimmung des Gesteines das Mikroskop anwendet, unterscheidet man eine makro- und mikroskopische Untersuchung. Die letztere Methode, welcher die Gesteinslehre so großartige Erfolge zu danken hat, wurde erst in verhältnismäßig neuerer Zeit allgemein angewendet. In beiden Fällen werden sowohl die morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Mineralien, als auch die chemischen zur Bestimmung verwertet. Die Lehre von der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung enthält eine mikroskopische Charakteristik der petrographisch wichtigsten Mineralien anhangsweise, da diese, wenigstens in ihrem speziellen Teile, eigentlich Gegenstand der Mineralogie wäre.

I. Allgemeines über die konstituierenden Bestandteile der krystallinen Gesteine.

10. **Wesentliche Gemengteile.** Die krystallinen Gesteine sind entweder Aggregate von mehr oder weniger vollkommen entwickelten Individuen einer einzigen Mineralart (z. B. Kalkstein) oder mehrerer (Granit); erstere heißen einfache Gesteine, letztere gemengte. In der Regel tragen zur Bildung eines gemengten Gesteines nur wenige Mineralspezies bei. Diejenigen Mineralien nun, welche zur Bildung eines gewissen einmal festgestellten Gesteinstypus notwendig sind, so daß also das Gestein seinen Namen und seine Stellung im System verlieren würde, wenn eines derselben fehlte, heißen wesentliche Gesteinsgemengteile. So gehören z. B. zum Begriff Granit die Mineralien Orthoklas, Quarz, Glimmer. Ein Gestein, das nur aus Quarz und Glimmer besteht, heißt nicht mehr Granit, sondern Greisen*).

*) Natürlich ist damit nicht gesagt, daß zur Definition eines Gesteinstypus der mineralogische Bestand allein genügt. Vgl. Granit und Gneiß, Greisen und Glimmerschiefer.

Von der großen Zahl der bis jetzt unterschiedenen Mineralien treten nur wenige als gesteinsbildende Gemengteile auf. Unter diesen sind besonders zu nennen: die Feldspate — Quarz — Magnesia- und Kaliglimmer — Talk und Chlorit — die meisten Mineralien der Augit- und Hornblendegruppe — Nephelin, Leucit, Olivin — Granat und Turmalin — Magneteisen und Hämatit — Kalk- und Dolomitspat — Anhydrit, Gips und Steinsalz — Graphit und die Kohlen — endlich das Wasser in fester Form als Eis.

Eine durch die genauere Verfolgung der Bildung und Umbildung der Gesteine aufgedrängte Gruppierung der Gesteinsgemengteile in ursprüngliche, bei der Bildung des Gesteins entstandene, und metasomatische (sekundäre), durch die im Laufe der Zeit eingetretene Gesteinsumbildung (Metamorphose) neugebildete Gemengteile ist zur Zeit noch kaum möglich. Wahrscheinlich würden durch eine solche auch die aufgestellten Gesteinstypen eine Aenderung erfahren, da bei ihrer Feststellung öfter keine Rücksicht auf den ursprünglichen und den metasomatischen Bestand genommen wurde.

11. Accessorische Gemengteile. Selten besteht ein Gestein ausschließlich nur aus den wesentlichen Gemengteilen, meist finden sich neben ihnen in untergeordneter Menge andere Mineralien, welche nicht zum Begriff des Gesteinstypus gehören, bald häufiger vorkommen, bald gänzlich fehlen können, ohne daß dadurch das Wesen des Gesteins verändert würde. Wenn auch diese sogen. accessorischen Gemengteile nicht zur Wesensbestimmung eines Gesteins gehören, so sind sie doch häufig für manche Vorkommnisse oder selbst für manche Typen ganz besonders charakteristisch; so Turmalin für manche Granite, Zirkon für gewisse Syenite, Magnetit findet sich in den meisten jüngern Eruptivgesteinen, Granat regelmäßig im Glimmerschiefer u. s. w.

Als accessorische Gemengteile ließe sich eine große Zahl von Mineralien aufführen. Die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden sind: Magnetit, Chromit, Titaneisen, Pyrit — Granat — Staurolith — Turmalin — Andalusit — Epidot — Vesuvian — Rutil — Zirkon — Beryll — Borazit — Apatit — Titanit — Schwefel — manchmal auch Diamant und Gold.

12. Bildung der Gemengteile. Nicht alle Gemengteile eines krystallinen Gesteins sind gleichzeitig entstanden. Die mikroskopische Untersuchung der krystallinen Gesteine, besonders der Massengesteine, hat in vielen Fällen die Reihenfolge der Ausscheidungen, die „Krystallisationsphasen“, festzustellen vermocht, und sie unterscheidet

hiernach aufeinanderfolgende Generationen der Gemengteile. Bei durchaus körnigen Gesteinen ist dies oft sehr schwierig; in vielen Fällen dürften hier sämtliche Ausscheidungen einer Generation angehören. Leichter ist die Unterscheidung bei porphyrischen Gesteinen. Hier gehören z. B. die großen porphyrischen Ausscheidungen der ersten, die Krystallbildungen der Grundmasse der zweiten Generation an. Zuweilen sind an einer und derselben Stelle gleichzeitig zwei oder mehrere Gemengteile entstanden und erscheinen nun als meist gleich orientierte Durchwachsungen, wobei die Individuen entweder ungefähr gleiche Größe besitzen oder ein größerer Krystall von mehreren kleineren durchwachsen wird. Nicht selten ist in dieser Weise Quarz und Feldspat durchwachsen, wie im sogen. Schriftgranit. Die Erscheinung kann makro- und mikroskopisch beobachtet werden (Implikationsstruktur)*). (Vgl. Fig. 42.)

Die ersten Krystallausscheidungen aus einem im übrigen noch flüssigen Magma entstanden in voller Freiheit der Molekularbewegung, d. h. die Ausscheidungen konnten sich ringsum nach den ihnen innewohnenden Gesetzen zu wohlentwickelten Krystallen ausbilden (idiomorphe Krystalle), während spätere Ausscheidungen in ihrer äußeren Form durch den ihnen von der bereits verfestigten Umgebung gewährten Raum beschränkt wurden (allotriomorphe oder xenomorphe Bildungen). In gleicher Weise (xenomorph) werden die Ausscheidungen beschaffen sein, wenn ein Magma rasch in seiner ganzen Masse erstarrt. Krystallausscheidungen im Magma vor dem Ausbruche gehören, wie man sagt, der intratellurischen, solche nach dem Ausbruche der effusiven Krystallisationsphase an. Doch wird es in den wenigsten Fällen möglich sein zu entscheiden, in welchem Stadium der Eruption ein Gemengteil entstanden ist.

13. Metasomatische Gemengteile. Auch im festgewordenen Gesteine können durch nachträgliche mechanische Veränderungen und chemische Umsätze sogen. metasomatische Neubildungen stattfinden. Solche sind fast in allen krystallinen Gesteinen und zahlreichen klastischen nachgewiesen worden; ja manche Gesteine, wie z. B. der Serpentin werden zum weitaus größeren Teile von solchen Neubildungen aufgebaut, während die ursprünglichen (primären) Gemengteile entweder nur in Resten vorhanden sind, oder überhaupt nicht mehr erkannt werden können.

*) Man gebraucht hierfür wohl auch den Namen „pegmatitische" Struktur; doch versteht man unter Pegmatit auch einen sehr grobkörnigen Granit.

Als besonders häufige metasomatische Mineralien mögen hervorgehoben werden: Quarz, Opal, Kalkspat, Chlorit, Talk, Epidot, Glimmer, Hornblende, Serpentin, Kaolin, Magnetit, Brauneisen.

14. Accessorische Bestandmassen. Mit dem Namen accessorische Bestandmassen bezeichnet man lokalisierte Mineralaggregate von anderer Beschaffenheit, als die Hauptmasse des Gesteins, welche sich innerhalb derselben zerstreut vorfinden. Nach ihrer Entstehung unterscheidet man sie in Konkretionen und Sekretionen.

15. Konkretionen. Sie sind entstanden durch Anhäufung fremder Mineralsubstanz um einen Punkt, dessen größere Attraktion ihre Bildung veranlaßte. Die äußersten Teile einer Konkretion sind daher die jüngsten. Ihre Grenzen gegen die übrige Gesteinsmasse sind in der Regel scharf; ihre Gestalt ist meist kugelförmig, traubig, knollig, linsen- oder plattenförmig oder es zeigen sich andere wunderliche Bildungen.

Besonders erwähnt mögen werden:

Krystallgruppen, um einen Punkt gruppieren sich an einem Ende frei ausgebildete Krystalle, wie z. B. Gips und Eisenkies in Thonen und Sanden.

Sphäroidische Konkretionen, radial-strahlige, oft konzentrisch-schalige Kugeln von Gips, Kalkspat, Braunspat, Eisenkies oder von Hornstein und Jaspis in Kalksteinen und Thonen.

Klappersteine, knollige Massen, im Innern hohl mit einem eingeschlossenen, losgelösten Stückchen.

Adlersteine, rundliche, öfter hohle Konkretionen von Eisenoxydhydrat in Sandsteinen.

Septarien, linsenförmige Konkretionen mit Spalten im Innern, in welche später Kalkspat, Braunspat ꝛc. secerniert wurde.

Lößkindel, Lößpuppen, knollige, mergelige Konkretionen, oft von wunderlicher Gestalt, im Löß und Lehm.

Brillensteine (Augensteine), linsenförmige Knollen oft zu zweien nebeneinander von konzentrischen Wülsten umgeben.

Immatrasteine, sehen den früheren sehr ähnlich; Gemenge von kohlensaurem Kalk, Sand und Thon mit ringförmigen Rippen und Furchen auf der Oberfläche.

Phosphoritknollen. Hierher sind wohl auch die besonders in Gesteinen der Kreideformation vorkommenden knolligen Gebilde zu rechnen, die aus faserigem oder dichtem Apatit bestehen und

die sich nach den manchmal noch vorhandenen Resten zu schließen aus Knochen gebildet haben mögen.

Konkretionen der Tütenkalke und Tütenmergel. In manchen Kalken (Oestringen, Waldstetten, Orawitza) finden sich kegelförmige Konkretionen, welche aus tütenförmig ineinander geschobenen, faserigen Schalen bestehen. Verwittert der Kalk, so ragen sie an der Oberfläche vor; solche Kalke werden dann Nagelkalke genannt.

Thongallen, rundliche Konkretionen von Thon in Sandsteinen.

16. **Sekretionen.** Die Bildung von Sekretionen setzt das Vorhandensein von Hohlräumen im Gesteine voraus. Dadurch, daß in diese aus der Gesteinsmasse Mineralsolutionen einfiltriert wurden, füllten sie sich allmählich von den Wänden her mit fester Mineralsubstanz aus, die häufig schichtenweise einer anderen Mineralspezies angehört. Entweder sind die Höhlungen vollständig von der infiltrierten Substanz erfüllt oder es bleibt in der Mitte ein freier Raum übrig, in welchen dann die Spitzen der gebildeten Krystalle hineinragen. Die ausfüllenden Mineralien sind in der Regel Chalcedon, Jaspis, Amethyst, Bergkrystall, Kalkspat, Schwerspat und Zeolithe. Die präexistierenden Hohlräume können entweder ursprüngliche, durch den erstarrenden Gesteinsmassen beigemengte Gase hervorgerufene Blasenräume gewesen, oder durch Auswitterung von Gesteinsgemengteilen erst später entstanden sein. Selten lassen sich die Wege, welche die eindringenden Minerallösungen genommen haben, nachweisen.

Man unterscheidet rundliche und plattenförmige Sekretionen. Die ersteren heißen, wenn sie klein sind, Mandeln, wenn sie größere Dimensionen haben, Geoden; letztere nennt man Adern oder Trümer. Mandeln und Geoden finden sich sehr häufig in Eruptivgesteinen, so in Melaphyren und Basalten. Die Adern und Trümer sind Ausfüllungen von Spalten und zeigen von beiden Wänden her eine symmetrische Anordnung der abgesetzten Mineralien. Oft bleibt der mittlere Teil der Spalte, ähnlich wie bei den Geoden, frei und es ragen in denselben von den Wänden her die Spitzen der angeschossenen Krystalle. Dieser Umstand ist besonders zur Unterscheidung dieser Art von Sekretionen von den plattenförmigen Konkretionen geeignet.

Aehnlich den Mandeln und Geoden sind die sogenannten Nester, d. h. Ausfüllungen ganz unregelmäßiger Hohlräume mit fremder Mineralsubstanz.

Als die wichtigsten sekretionären Mineralien sind hervorzuheben: Kalkspat, Quarz, Tridymit, Achat, Grünerde, Natrolith, Stilbit, Analcim, Chabasit und Erze.

17. Fremde Einschlüsse. Erwähnt werden müssen hier noch die Einschlüsse fremder Körper in den Gesteinen, die mitunter leicht mit Konkretionen verwechselt werden können. So enthalten die Massengesteine (Granit, Basalt) sehr häufig Bruchstücke des durchsetzten Gesteines, z. B. von Schiefern, Kalk- und Sandsteinen, eingeschlossen. Hierher zu rechnen sind auch die sogen. Versteinerungen (Petrefakten). Ihre Behandlung gehört jedoch einem besonderen Wissenschaftszweige, der Paläontologie, an.

II. Bestimmung der Gemengteile.

18. Makro- und mikroskopische Untersuchung. Die erste Aufgabe des Petrographen ist die Erkennung der Mineralien, aus welchen ein Gestein zusammengesetzt ist. Sind die einzelnen Bestandteile entweder mit freiem Auge oder wenigstens mit der Lupe deutlich zu erkennen, dann hat ihre Bestimmung meist keine bedeutenden Schwierigkeiten, im anderen Falle dagegen gelingt die Feststellung der mineralogischen Zusammensetzung und Struktur eines Gesteins erst auf umständlicherem Wege und mit Zuhilfenahme des Mikroskops. Die mikroskopische Untersuchung wird aber auch auf phaneromere Gesteine ausgedehnt, um die Mikrostruktur der Gemengteile, die Art ihrer Verbindung, das Vorhandensein etwaiger mikroskopischer Bestandteile u. dergl. zu erkennen. Im folgenden soll nun das Wichtigste über die makro- und mikroskopische Gesteinsuntersuchung behandelt werden.

a) Untersuchung auf makroskopischem Wege.

19. Verwertung der morphologischen Eigenschaften. Es ist selbstverständlich, daß zur Erkennung der gesteinsbildenden Mineralien die Kenntnis ihrer Eigenschaften notwendig ist. Die Charakterisierung der Mineralien ist aber Gegenstand der Mineralogie; es kann daher an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden, welche Eigenschaften durch die Aggregation von Mineralien in Gesteinen und die dadurch bewirkte häufige Störung in der Ausbildungsweise einen größeren oder geringeren Wert erlangt haben.

Verhältnismäßig selten sind makroskopische Gemengteile allseitig so vollständig entwickelt, daß ihre Krystallform zur Erkennung

benützt werden könnte. Wichtiger sind daher andere, von der äußeren Umgrenzung unabhängige Eigenschaften, wie Spaltbarkeit, Zwillingsbildung, gewisse Formen der Aggregation und besonders die physikalischen Eigenschaften.

20. **Verwertung der physikalischen Eigenschaften.** Daß Spaltbarkeit, Bruch, Härte, Glanz und Farbe, Durchsichtigkeit und Verhalten vor dem Lötrohr zur Erkennung von Mineralien, besonders in ihrer Kombination, von großem Wert sind, braucht kaum erwähnt zu werden. Zur Untersuchung wähle man frische Bruchflächen des Gesteins oder angeschliffene und gut polierte Flächen und nehme nötigenfalls die Lupe zur Hand. Oefters empfiehlt es sich, das Gestein grob zu pulverisieren und mit der Lupe zu untersuchen; manchmal ist eine Sonderung nach dem spezifischen Gewichte durch Schlämmen rätlich, was besonders zur Schätzung des Mengenverhältnisses gewisser Bestandteile von Wert ist. Leider besitzen gerade jene Gemengteile, an deren Trennung besonders gelegen ist, wie Feldspat, Quarz, Augit und Hornblende 2c., so geringe Differenzen ihres spezifischen Gewichtes, daß eine Trennung auf diesem Wege kaum möglich ist. (Vergl. übrigens den Abschnitt „Trennung der Gemengteile“.) Leichter gelingt es bei Erzen, welche so häufig accessorisch oder als Einsprenglinge in Adern und Nestern vorkommen. Zu Lötrohrversuchen breche man sich sehr dünne Splitter aus dem Gestein. Dieselben können dann auch vor dem Versuch auf Schmelzbarkeit bequem zur Bestimmung der Härte durch Ritzversuche an Mineralien der Härteskala benützt werden.

Auch die Geruchsempfindung, welche manche Gesteine nach dem Anschlagen, Anhauchen oder Erwärmen erregen, kann zu ihrer näheren Qualifikation dienen. So zeigen bituminöse Gesteine beim Erwärmen einen brenzligen, teerartigen Geruch, andere erregen beim Anschlagen mit dem Hammer einen an Schwefelwasserstoff erinnernden Geruch, und thonhaltige Gesteine senden nach dem Anhauchen einen eigenartigen (empyreumatischen) Thongeruch aus. Letzterer zeigt bei feldspatführenden Gesteinen die beginnende oder fortgeschrittene Zersetzung (Kaolinisierung) an.

21. **Verwertung der chemischen Eigenschaften.** Zu diesen wird natürlich in jenen Fällen die Zuflucht genommen, in welchen morphologische und physikalische Eigenschaften nicht genügenden Aufschluß gegeben haben. Besonders sind es die Löslichkeitsverhältnisse, das Entstehen von Gasen (Kohlensäure), das Gelatinieren

u. dergl. bei Anwendung von Säuren, welche oft sofort ein Mineral erkennen lassen. So weist ein lebhaftes Brausen nach dem Betupfen mit Salzsäure, wenn die übrigen Merkmale stimmen, auf Calcit, während z. B. Dolomit nur sehr schwaches Brausen und geringe Löslichkeit in kalter Salzsäure zeigt. Hier empfiehlt es sich besonders, glatte Flächen an ein Gestein anzuschleifen, dieselben nach und nach mit verschiedenen Säuren zu behandeln und mit der Lupe zu untersuchen.

Uebrigens ist auch die Beobachtung verwitterter Gesteinsflächen für die Erkennung mancher Gemengteile von nicht zu unterschätzendem Werte, da gerade die Art der Umwandlung mancher Mineralien durch Wasser und Atmosphärilien besonders charakteristisch ist.

22. **Das Mengenverhältnis der Bestandteile.** Zur Bestimmung des relativen Bestandes phaneromerer Gesteine wurden verschiedene Methoden vorgeschlagen; jedoch führen alle nur zu einer annähernden Kenntnis dieses Verhältnisses und sind, wie eben erwähnt, nur auf größere Gemengteile beschränkt.

Wäre eine Trennung der Gemengteile in zufriedenstellender Weise möglich, so würde damit besonders in Verbindung mit der mikroskopischen und chemischen Analyse das beste Mittel gefunden sein, um den mineralogischen Bestand eines Gesteins zu erfahren. Leider gelingt die Trennung zumeist nur unvollkommen, wie dies aus der folgenden Darstellung der angewendeten Trennungsmethoden hervorgeht.

Man kann die Trennung auf mechanischem oder chemischem Wege versuchen.

23. **Trennung der Gemengteile auf mechanischem Wege.*)** a) Mit Hilfe des Magneten. Streut man das Gesteinspulver auf einen über einem Rahmen ausgespannten Papierbogen und streicht unterhalb desselben mit einem Magneten von der Mitte gegen den Rand, so folgen die magnetischen Partikelchen (Magnetit, Eisenglanz, Titaneisen und mehrere eisenhaltige Silikate, wie z. B. Granat, Augit, Hornblende, Epidot, Olivin, Biotit, Chlorit 2c.) dem Magneten an den Rand, von wo sie mit einem Pinsel entfernt werden können. Ganz eisenfreie Mineralien, wie Feldspat, Quarz, Leucit, Nephelin 2c. bleiben zurück. Die Trennung ist aber eine sehr

*) Vgl. V. Goldschmidt, „Ueber Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodidlösung bei mineral. und petrogr. Untersuchungen". Neues Jhrb. f. Min. 1881, Beilage. Bd I, 179. — L. Pebal, „Ueber die Anwendung von Elektromagneten zur mechanischen Scheidung von Mineralien". Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. in Wien 1882. I, 192.

unvollständige, da auch eisenarme Abänderungen der oben genannten Silikate nicht sicher ausgezogen werden. Man kann das Pulver auch in Wasser suspendieren und mit dem Magneten die anziehbaren Teile herausholen. Außerdem wurden noch mehrere Abänderungen des Verfahrens erfunden, die mehr oder weniger gut zum Ziele führen.

b) Mechanische Trennung, gestützt auf das verschiedene spezifische Gewicht der Gemengteile. Durch gewöhnliches Schlämmen mit Hilfe eines Wasserstromes kann man keine einigermaßen befriedigende Trennung erzielen. Viel näher ans Ziel gelangt man dadurch, daß man das Gesteinspulver in eine Flüssigkeit von so hohem spez. Gewichte einträgt, daß sämtliche Gemengteile auf derselben schwimmen. Verdünnt man die Flüssigkeit nach und nach, so werden successive jene Gemengteile niederfallen, deren spez. Gewicht jeweilig höher ist als das der Flüssigkeit. Da das spez. Gewicht der wichtigeren Gesteinsgemengteile zwischen 2 und 5,5 liegt, so sollte die Flüssigkeit wenigstens das spez. Gewicht 5,5 haben; doch besitzen wir bis jetzt (abgesehen von Schmelzflüssen) keine brauchbare Flüssigkeit von so hohem spez. Gewichte. Sieht man jedoch von den Erzen ab, so liegt das spez. Gewicht der übrigen hervorragend an der Gesteinsbildung beteiligten Mineralien zwischen 2 und 3,5, welch letzteres Gewicht von den gebräuchlichen Trennungsflüssigkeiten zum Teil annähernd erreicht wird.

Man verwendet:

1. Nach Brauns Methylenjodid, max. spez. Gewicht = 3,3485, Verdünnung mittels Benzol. Die folgenden können durch Wasser verdünnt werden.

2. Die Rohrbachsche Lösung, Baryumquecksilberjodid, max. spez. Gewicht = 3,588.

3. Die Kleinsche Lösung, Kadmiumborowolframiat, max. spez. Gewicht = 3,6, und endlich

4. Die Thouletsche Lösung, Kaliumquecksilberjodid, max. spez. Gewicht = 3,196. Diese Flüssigkeit ist am meisten in Gebrauch; sie hat zwar, wie die anderen, große Nachteile, aber ihre Vorteile überwiegen. Die Thouletsche Lösung ist eine durchsichtige, gelblichgrüne Flüssigkeit, deren spez. Gewicht durch Zusatz von Wasser allmählich auf 1 herabgebracht und durch Eindampfen wieder auf die ursprüngliche Höhe erhoben werden kann. Sie verändert sich an der Luft nicht viel, sie ist sehr giftig, wirkt ätzend auf die Haut und greift Metalle stark an. Die Lösung wird zur Trennung der Gemengteile des gleichmäßig gepulverten Gesteins in ziemlich komplizierten Gefäßen

verwendet. Nach Goldschmidt geschieht dies viel einfacher dadurch, daß man die Lösung in ein schlankes Becherglas mit Ausguß bringt und darin das Gesteinspulver mit ihr mengt. Nach der jedesmaligen entsprechenden Verdünnung werden die oben schwimmenden Partikel abgegossen und der Bodensatz mit heißem Wasser gut gewaschen.

Wie schon erwähnt, kann man auf diese Weise nicht zu einer vollständigen Trennung gelangen, teils weil man durch Pulverisieren die Gemengteile nicht vollständig aus ihrem Verbande mit andern bringen kann, teils weil sich manche Mineralien rücksichtlich ihres spez. Gewichtes nahe stehen oder durch Einschlüsse und Verunreinigungen sowie durch Verwitterung ein anderes als das der reinen, unverletzten Substanz zukommende spez. Gewicht zeigen und weil endlich die leichten Körnchen sich an die schwereren heften und sie am Untersinken hindern. Glimmerige Mineralien halten sich auch noch schwebend, wenn sie infolge ihres Gewichtes schon untergesunken sein sollten, u. dergl. m.

Eine neue Methode zur Bestimmung des Mengenverhältnisses der Mineralbestandteile gemengter Gesteine entwickelt Rosiwal (Verh. geol. Reichsanst. 1898, 143). Wesentlich besteht dieselbe in folgendem: Auf die angeschliffene Fläche des Gesteins wird eine vielfach gebrochene, die Fläche möglichst gleichmäßig nach allen Richtungen hin bedeckende Linie gezogen, deren Länge proportional dem gewünschten Genauigkeitsgrade und umgekehrt proportional der Korngröße gewählt wird. Diese Linie zeigt in dem Verhältnisse der Summe der einem bestimmten Minerale zufallenden Durchschnittslängen zur Gesamtlänge den ziffernmäßigen, volumetrischen Anteil des betreffenden Minerals in dem Gesteine an.

24. Trennung der Gemengteile auf chemischem Wege. Ebenso unvollkommen sind die Ergebnisse bei Versuchen der Trennung der Gemengteile auf chemischem Wege, wenigstens insoweit es sich um Silikate handelt. Karbonate kann man mit verdünnter Salzsäure ausziehen. Gewisse Silikate werden durch konzentrierte Salzsäure oder durch Schwefelsäure zersetzt, während andere nur schwer angegriffen werden. Aber auch in chemischer Hinsicht kontrastieren gerade jene Mineralien, auf deren Trennung es ganz besonders oft ankommt, viel zu wenig, da sie sich je nach dem Vorwalten des einen oder anderen Elementes in ihrer Verbindung den Lösungsmitteln gegenüber verschieden verhalten. Zudem widerstehen frische und mehr oder weniger zersetzte Mineralien den Säuren ganz ungleich. — Außer den genannten Lösungsmitteln hat man auch Fluß=

säure, in welcher gewisse Mineralien, wie Rutil, Zirkon, Turmalin, Andalusit, Disthen unlöslich sind, oder Kieselflußsäure verwendet. Auch kaustische und kohlensaure Alkalien werden in Anwendung gebracht.

b) Mikroskopische Untersuchung.

25. **Wichtigkeit derselben.** Die Anwendung des Mikroskopes zur Gesteinsanalyse, besonders zur Untersuchung der gemengten krystallinen Gesteine hat eine solche Ausdehnung gewonnen, daß wohl keines der letzteren als bestimmt angesehen werden darf, welches dieser Untersuchung nicht unterzogen worden ist. Die Wichtigkeit dieses Instrumentes leuchtet ganz besonders ein, wenn man einen Blick auf die große Erweiterung unserer Kenntnisse der Gesteinszusammensetzung und -genesis, welche uns dasselbe gebracht hat, wirft. Besonders ist es die letztere, die Lehre von der Entstehung der Gesteine, welche sehr gewichtige Argumente aus der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung holt. Es ist daher begreiflich, daß in der neueren Petrographie der mikroskopischen Charakterisierung der Gesteinsgemengteile und der Mikrostruktur ein so hervorragender Platz eingeräumt wird.

26. **Optische Instrumente.** Zur mikroskopischen Untersuchung ist ein gutes Mikroskop, welches etwa eine 600fache Vergrößerung zu liefern im stande ist, notwendig; mit demselben muß ein Polarisationsapparat in Verbindung gebracht werden können. Von großem Werte und für manche Fragen unerläßlich ist dann noch das Stauroskop und ein Polarisationsinstrument zur Beobachtung im konvergenten Lichte. Für den vorliegenden Zweck dürfte es genügen, die Einrichtung und den Gebrauch des Mikroskops kurz zu skizzieren*).

27. **Einrichtung des Mikroskops.** Bezüglich der Theorie und der genaueren Einrichtung eines Mikroskopes muß auf die diesbezüglichen Lehren der Physik verwiesen werden. Hier möge nur die Einrichtung eines Mikroskopes, wie es sich für Gesteinsuntersuchung besonders eignet, an der umstehenden Figur 1 er-

*) Eine ausführliche und sehr klare Darstellung dieser Instrumente und ihrer Anwendung findet sich in Groths „Physikalische Krystallographie". Leipzig 1885 und 1894. — Ferner in Rosenbuschs „Mikroskopische Physiographie" I und C. Leiß, „Mikroskope und deren wichtigste Nebenapparate für krystallographische und petrographische Untersuchungen". Zeitschrift für angewandte Mikroskopie 1895.

läutert werden. Dieselbe stellt im Aufriß die wesentlichsten Teile eines solchen Instrumentes dar. Auf einem hufeisenförmigen, schweren Stativ B B ist ein säulenförmiger, vertikaler, bei G mit einem Kniegelenk versehener Träger D befestigt. An demselben läßt sich mit Hilfe der Schraube s der Tubus O O′ vertikal verschieben, die Schraube S dient zu feinerer Einstellung. Zur Herstellung verschiedener Vergrößerungen können bei O und O′ verschiedene Okular- und Objektivlinsensysteme eingesetzt werden. Das Okular soll ein Fadenkreuz enthalten, dessen Fäden mit den Nicolhauptschnitten parallel gestellt werden können. Es ist sehr nützlich, wenn das Objektivlinsensystem durch zwei aufeinander senkrecht stehende Schrauben verschoben werden kann. Unterhalb des Tubus befindet sich ein Tischchen M N mit einer kreisrunden Oeffnung m n in der Mitte, durch welche mit Hilfe eines Beleuchtungsapparates R, bestehend aus einem Plan- und einem Hohlspiegel, durchsichtige Objekte über der Oeffnung des Tischchens beleuchtet werden können. Um Winkel an mikroskopischen Krystalldurchschnitten messen zu können, ist auf dem Tischchen eine kreisförmige, in Grade geteilte und um die Achse des Tubus drehbare Scheibe l l′ angebracht, deren jeweiliger Drehungswinkel am Nonius bei l′ abgelesen werden kann.

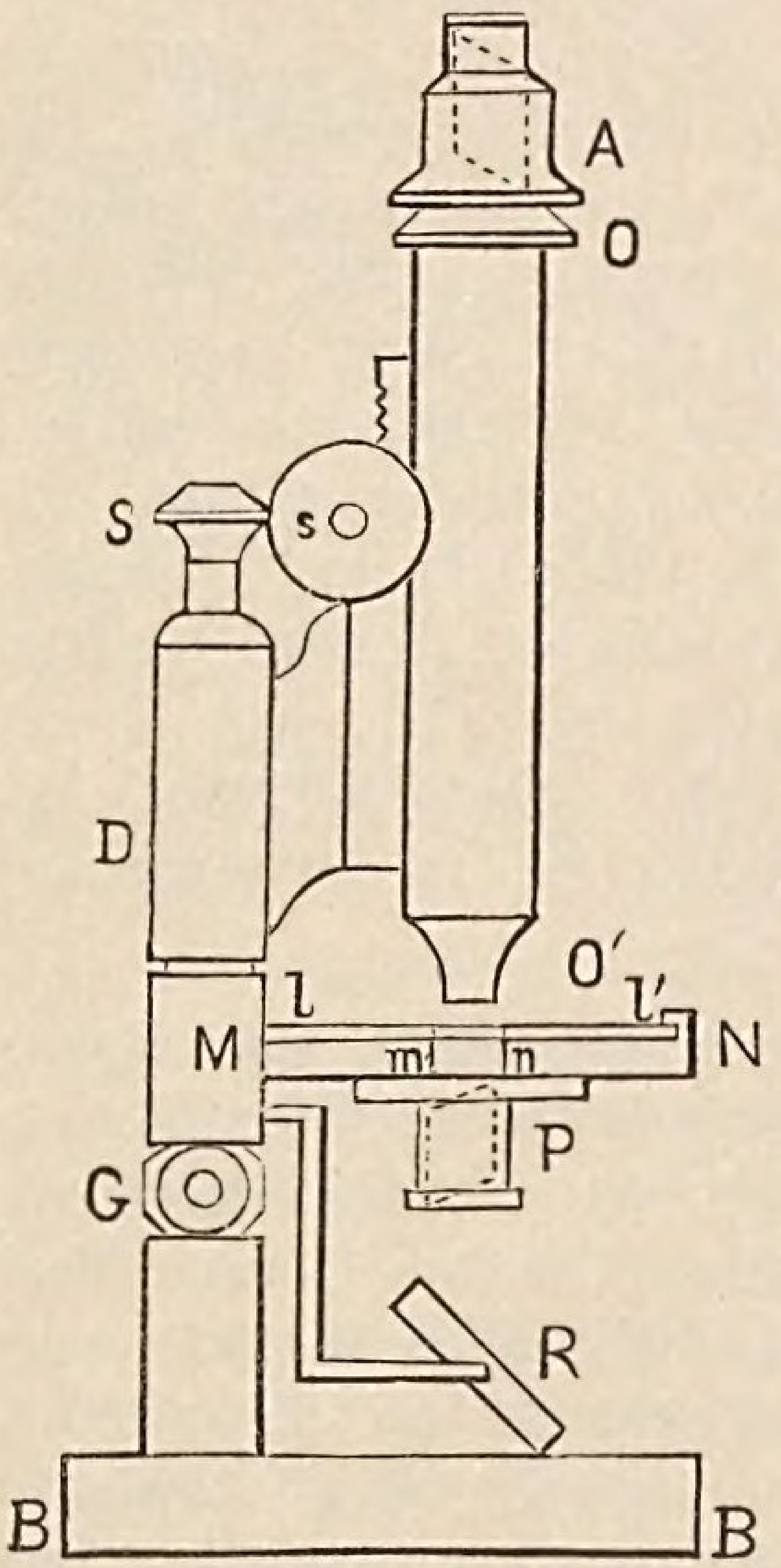


Fig. 1.

Sehr wünschenswert sind einige Vorrichtungen und Beigaben, die hier aufgezählt, deren Gebrauch aber weiter unten auseinandergesetzt werden soll. Es sind dies: ein Schlitz im unteren Teile des Tubus zur Aufnahme einer Quarzplatte*) eines Gips- oder Glimmerplättchens. Ein Glasmikrometer im Okular. Zur Beobachtung im

*) Gewöhnlich eine senkrecht zur Achse geschnittene sogenannte Biot'sche Quarzplatte.

konvergenten Lichte eine Kondensorlinse, die auf den Polarisator gelegt wird, und eine sogen. Bertrandsche Linse, welche in den Tubus eingefügt wird. — Verschieden konstruierte Vorrichtungen zum Erwärmen der mikroskopischen Präparate, sowie besondere Beleuchtungsvorrichtungen besitzen nur größere und in der Regel sehr teure Apparate. — Sehr nützlich zum Wiederauffinden bestimmter Stellen eines Präparats ist eine auf dem Objekttische angebrachte, durch den Mittelpunkt desselben gehende, rechtwinklig sich kreuzende Millimeterteilung.

28. **Polarisationsapparat.** Von besonderer Wichtigkeit für petrographische Untersuchungen ist der mit dem Instrumente verbundene Polarisationsapparat. Der Polarisator P ist ein Nicolsches Prisma*), welches in einer Hülse unterhalb der Oeffnung des Tisches um die Achse des Instruments gedreht werden kann. Der Analysator nimmt an verschiedenen Instrumenten eine verschiedene Stelle ein; entweder kann er im Tubus zwischen Objektiv und Okular (Chevalier) eingesetzt oder zwischen Auge und Okular aufgesetzt werden (Talbot). Da man sehr oft zwischen Beobachtung im gewöhnlichen und polarisierten Licht zu wechseln hat, so ist erstere Einrichtung, obwohl sie vor der letzteren ein größeres Gesichtsfeld voraus hat, etwas unbequem, da zur Entfernung des Analysators das Objektivlinsensystem ab- und dann wieder aufgeschraubt werden muß. In unserem Falle befindet sich das analysierende Nicol A in einer Fassung, welche auf den Tubus aufgesetzt werden kann. Die Fassung trägt an ihrer Basis eine Kreisteilung, um mit Hilfe einer am Tubus angebrachten Marke den Drehungswinkel des Analysators ablesen zu können.

29. **Gebrauch des Mikroskops.** Bezüglich des Gebrauches können hier nur einige Winke gegeben werden. Will man im gewöhnlichen Lichte beobachten, so entfernt man zuerst die beiden Nicols (oder wenigstens den Analysator). Für jede Untersuchung ist anzuraten, sich zuerst schwacher Vergrößerungen (bis 60) zu bedienen, da sie eine Uebersicht und Eigentümlichkeiten zu sehen gestatten, welche bei stärkerer Vergrößerung nicht mehr in die Augen fallen. Zur Beleuchtung ist direktes Sonnenlicht zu vermeiden; am besten eignen sich weiße von der Sonne beleuchtete Wolken, deren Licht

*) Ueber die Theorie eines solchen aus einem durchschnittenen und mit Canadabalsam verkitteten Kalkspatrhomboëder bestehenden Prismas sind die entsprechenden Lehren der Physik zu vergleichen.

durch den Beleuchtungsspiegel auf das Präparat gelenkt wird. Bei schwacher Vergrößerung wendet man den Planspiegel an, bei stärkerer leistet der Hohlspiegel bessere Dienste. Auch künstliche Beleuchtung mit weißem, durch ein Milchglas gedämpftem Petroleum- oder Gaslicht kann zur mikroskopischen Untersuchung angewendet werden.

Besonders muß sich der Anfänger vor Täuschungen hüten. Dieselben rühren teils von Verunreinigungen des Präparates (Staub, Fäden, Luftblasen 2c.) her, welche anfangs leicht als zum Gestein gehörig angesehen werden, teils sind es Lichtreflexe und sogenannte Beugungserscheinungen, welche durch Spiegel (besonders bei starker Beleuchtung mit dem Hohlspiegel) und Präparatengläser hervorgerufen werden. Andere Täuschungen besonders über Größe und Umrandung eines Objektes treten bei unrichtiger Einstellung auf. Uebrigens wird man nach kurzer, fleißiger Uebung leicht Wahrheit und Schein unterscheiden können.

30. Gang der mikroskopischen Untersuchung. Begreiflicherweise kann ein Gestein nicht ohne weiteres der Untersuchung mit dem Mikroskop unterworfen werden. Manchen Aufschluß bietet übrigens die Untersuchung angeschliffener Flächen im auffallenden Lichte; von größerem Werte ist die Untersuchung des Gesteinspulvers unter dem Mikroskope, besonders wenn die einzelnen Mineralien vorher durch Schlämmen auf einer schiefen Glastafel möglichst getrennt wurden. Man erhält auf diesem Wege auch eine annähernde Uebersicht über das Quantitätsverhältnis der Gemengteile. Vollkommen im unklaren bleibt man aber bei dieser Art der Untersuchung über die Ausbildungsweise, gegenseitige Lage und meist auch über die Strukturverhältnisse der gesteinsbildenden Mineralien. Um daher alle diese Verhältnisse bequem übersehen zu können, ist es jetzt allgemein üblich, vom Gesteine Dünnschliffe anzufertigen und dieselben im durchfallenden Lichte zu beobachten.

31. Dünnschliffe. Zur Anfertigung eines Dünnschliffes schneidet man entweder mit Hilfe einer Maschine aus einem größeren, frischen und von Sprüngen möglichst freien Stücke eine passende Platte aus oder man schlägt beim Mangel einer derartigen Vorrichtung mit dem Hammer ein geeignetes Stück ab und schleift an dasselbe, sei es nun mit Hilfe einer Maschine oder mit freier Hand, auf einer Eisenplatte eine ebene Fläche an. Das Schleifen geschieht in der Regel mit Smirgel und Wasser oder Oel. Ist die Fläche eben genug, so wird sie auf einer Glasplatte mit feinem Smirgelpulver

geglättet und schließlich ohne letzteres möglichst glatt poliert. Mit dieser Fläche wird nun das Stückchen vermittelst erwärmten Canadabalsams auf ein Glasplättchen festgekittet und nun eine zweite Fläche parallel der ersten in derselben Weise angeschliffen. Ist der Schliff dünn genug (man soll durch ihn nach dem Befeuchten lesen können), so wird er nach Erwärmung des Canadabalsams vorsichtig abgelöst, auf ein reines Präparatenglas übergeschoben und mit einem Deckgläschen bedeckt. Der gehörig gereinigte und etikettierte Schliff wird nun unter dem Mikroskope untersucht.

Daß Schliffe, welche einer mikrochemischen Untersuchung unterworfen werden sollen, nicht mit einem Deckgläschen bedeckt werden dürfen, ist selbstverständlich.

III. Mikrophysiographie der wichtigsten gesteinbildenden Mineralien.

a) Allgemeines.

32. **Uebersicht.** Die Mehrzahl der petrographisch wichtigen Mineralien ist unter dem Mikroskope leicht erkennbar und durch in die Augen springende Merkmale charakterisiert. Wo dies nicht der Fall ist, wie bei gewissen opaken Mineralien (Magnetit, Chromit, Titaneisen) oder bei solchen, deren Krystallform, optische Eigenschaften und Mikrostruktur sehr ähnlich sind (Apatit, Nephelin), da führt meist ein einfacher mikrochemischer Versuch zum Ziele, wie dies bei den betreffenden Gemengteilen angeführt werden soll. Als Unterscheidungsmerkmale werden teils morphologische Eigenschaften, teils physikalische (optische) und chemische verwendet.

1. Morphologische Eigenschaften.

33. **Krystallumrisse.** Ist das Mineral als frei entwickelter Krystall im Gestein vorhanden, so zeigt es im Dünnschliff einen mehr oder minder charakteristischen Umriß als Schnitt der Krystallflächen mit der Schlifffläche. Derselbe kann selbstverständlich für dieselbe Krystallform je nach der Lage, in welcher der Schliff den Krystall getroffen, sehr verschieden sein. Von größerem Werte sind natürlich Schnitte parallel oder nahe parallel den Achsenebenen. Mit Rücksicht jedoch auf den Umstand, daß Krystallformen ganz verschiedener Systeme auf die Ebene projiziert gleiche oder ähnliche Umrisse geben, wären die morphologischen Eigenschaften für sich

allein von ganz untergeordneter Bedeutung für die Erkennung eines Minerals. Viel höher steigt ihr Wert, wenn man sie in Verbindung mit den optischen Eigenschaften bringt, wie dies später gezeigt werden soll.

In solchen Fällen, wo man über die Lage des Schnittes annähernde Sicherheit besitzt, kann zuweilen eine Winkelmessung wünschenswert sein.

34. **Winkelmessung.** Besitzt der Objekttisch des Mikroskops eine in Grade geteilte, drehbare, gut zentrierte Scheibe und das Okular ein Fadenkreuz, so gelingt dieselbe mit annähernder Genauigkeit durch Drehen der Scheibe samt dem Präparate um die Achse des Tubus. Vorher wird der Schliff so lange im Gesichtsfelde verschoben, bis der fragliche Winkel mit seinem Scheitel genau mit

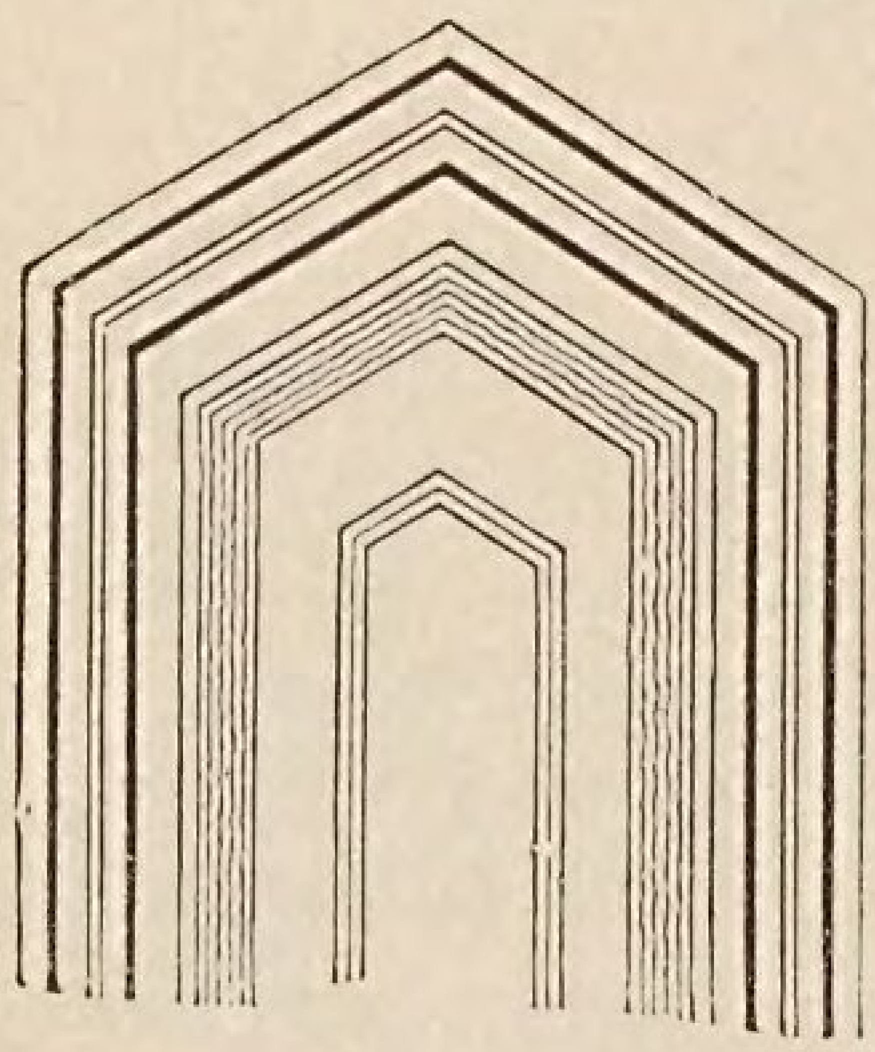


Fig. 2.

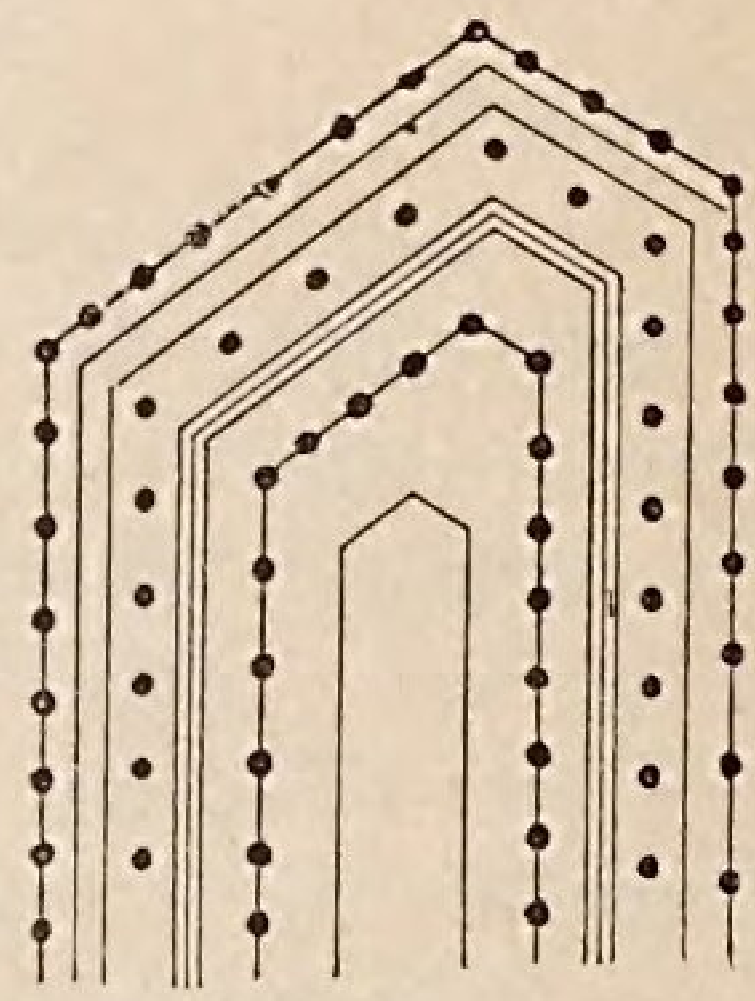


Fig. 3.

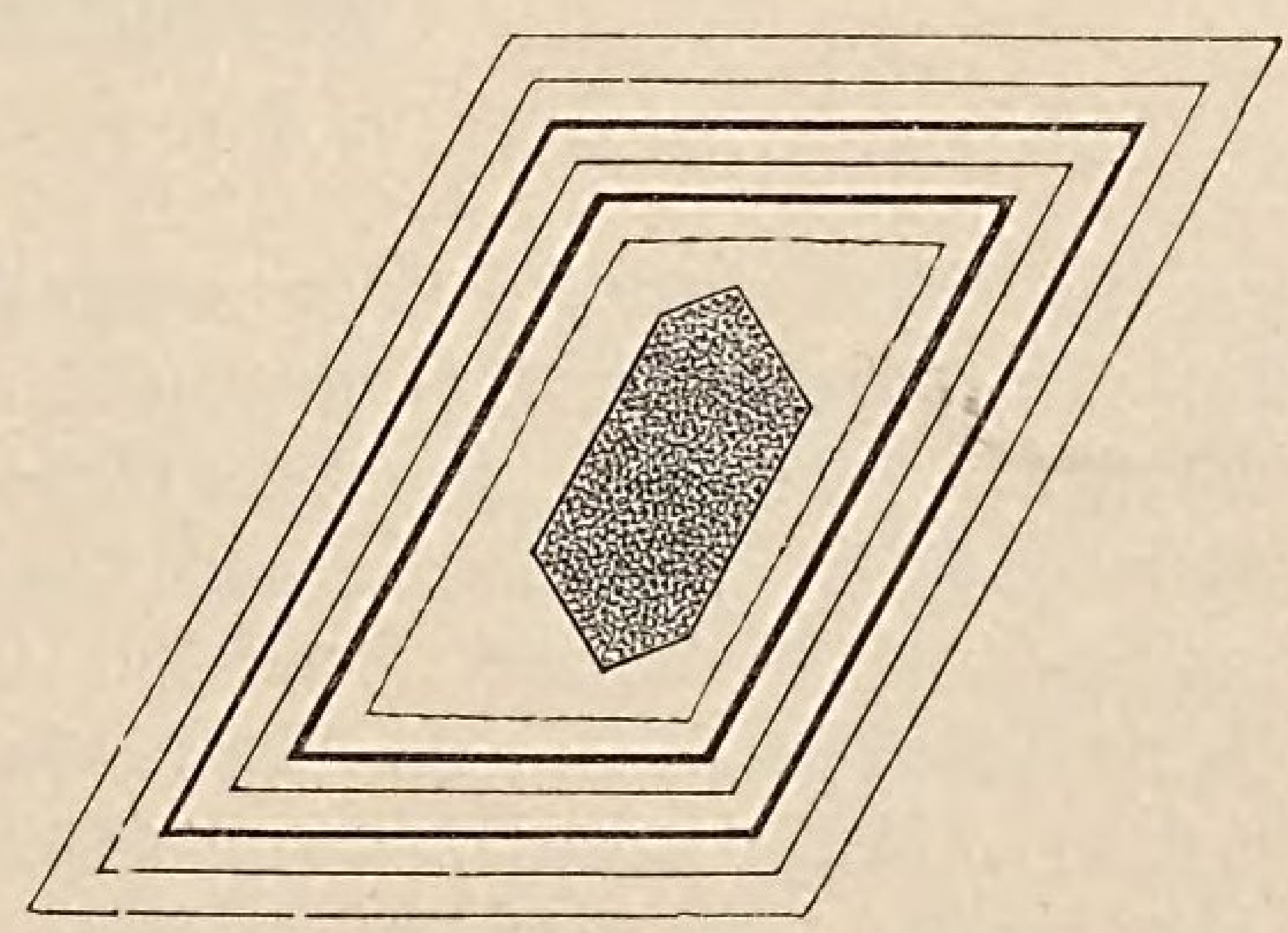
der Durchkreuzung des Fadenkreuzes und ein Schenkel mit einem Arm desselben zusammenfällt. Gute Dienste beim Zentrieren leistet auch die oben erwähnte Vorrichtung am Objektivlinsensystem, mittels welcher das letztere etwas verschoben werden kann. Nun notiert man sich die Stellung der Scheibe an einem fixen Nonius und dreht so lange, bis der andere Schenkel in die Lage des ersten gerückt ist; der Drehungswinkel kann dann am Nonius abgelesen werden.

Bei genauen Messungen bedient man sich anderer (z. B. auf Doppelbrechung gegründeter) Methoden, deren Beschreibung über den Rahmen dieses Büchleins hinausreichen würde. — Zur Messung der Größe mikroskopischer Objekte benützt man gewöhnlich ein sogenanntes Glasmikrometer, d. h. einen auf Glas eingeritzten Maßstab, welcher mit dem Okular in der Weise in Verbindung

gebracht wird, daß die Teilstriche zugleich mit dem Objekte gesehen werden. Natürlich muß das Verhältnis der Teile desselben zu einem bekannten Maße angegeben sein. Als mikroskopische Einheit wählt man das Mikromillimeter (Mmm) auch Mikrometer genannt; 1 Mmm = 0,001 mm.

35. **Zonarstruktur.** Wie man bei makroskopischen Krystallen ein intermittierendes Wachstum an ihrem Aufbau aus Schichten erkennen kann, so beobachtet man diese Erscheinung besonders häufig an mikroskopischen Individuen. Der Durchschnitt eines solchen Krystalles zeigt dann um einen größeren oder kleineren Kern mitunter eine große Zahl von parallel verlaufenden Zonen, die entweder gleichgefärbt sind (z. B. bei Feldspaten, Leucit u. dgl.) oder verschiedene Farbennuancen zeigen, wie dies besonders schön an Augiten, Hornblenden, Granat 2c. zu beobachten ist (vergl. Fig. 2). Oft sind dann die Begrenzungsflächen der Schichten von Einlagerungen fremder Substanzen in Form von Körnchen und Nädelchen begleitet (Fig. 3). Seltener ist die Erscheinung, daß der zentrale Teil andere Umrisse zeigt, als die umgebenden Zonen (Fig. 4).

36. **Krystallkörner.** Sehr häufig erscheinen die Gemengteile eines Gesteins nicht in ausgebildeten Krystallen, sondern in sogenannten Körnern, d. h. in Individuen von unregelmäßiger, im allgemeinen rundlicher Begrenzung. Dabei zeigen manche Mineralspezies bei ihrem Auftreten eine gewisse Konstanz in der Art, daß die einen häufiger als Körner, die anderen dagegen öfter in wohl entwickelten Krystallindividuen vorkommen, was in vielen Fällen wohl mit der Erstarrungsfolge der Gemengteile im Zusammenhange steht; denn es ist begreiflich, daß ein Mineral, dessen Schmelzpunkt so hoch liegt, daß es schon erstarrte, während die übrige Masse noch flüssig war, sich vollständiger entwickeln konnte als die anderen, welche später und nahezu gleichzeitig fest wurden und so sich gegenseitig in ihrer Ausbildung hemmten. Doch ist wohl zu beachten, daß nicht immer das schwerer schmelzbare Mineral


Fig. 4.

auch das vollständiger entwickelte ist, wie dies z. B. gerade an den Mineralien Quarz und Augit beobachtet werden kann, von denen ersteres häufig in Körnerform, letzteres dagegen in wohl ausgebildeten Krystallen vorkommt, ein Umstand, der ganz besonders geeignet ist, darauf aufmerksam zu machen, daß die Erstarrungsfolge von Substanzen für sich allein und in Verbindung mit anderen eine verschiedene ist.

37. **Zerbrochene Krystalle.** Einen sicheren Beweis dafür, daß gewisse Gesteine sich ursprünglich in einem flüssigen Zustande befunden haben müssen, geben die in gemengten krystallinen Massengesteinen vorkommenden zerbrochenen Krystalle. Feldspate, Augit, Hornblende

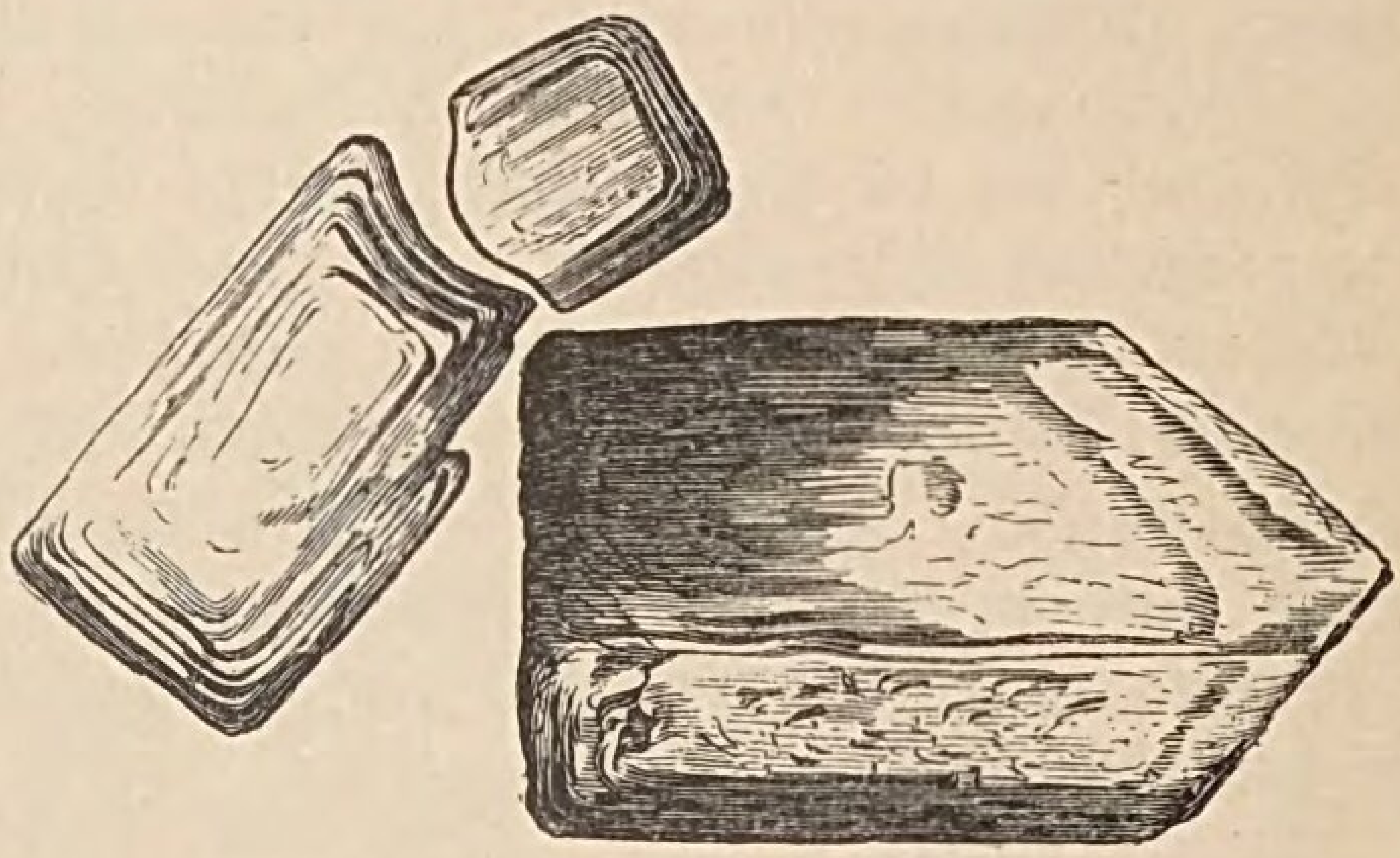


Fig. 5.

und andere Gemengteile findet man häufig von Sprüngen durchsetzt oder zerbrochen und die Bruchstücke in der Gesteinsmasse zerstreut. Manchmal lassen sich die Teile eines zerbrochenen Individuums zusammenfinden oder man beobachtet z. B. in Form eines größeren Krystalles die Ursache der Zerstörung (vergl. Fig. 5). Als weiterer Beweis für die Bewegung der Masse mag dann noch angeführt werden, daß nicht selten solche Bruchstücke oder auch ganze Krystalle in bunten Haufen zusammengeworfen vorkommen, wie dies sehr oft besonders in jüngeren Eruptivgesteinen (z. B. Trachyten) beobachtet werden kann.

38. **Mikroskopische Einschlüsse in Gemengteilen.** Verhältnismäßig selten ist es, daß die ein Gestein zusammensetzenden Mineralien eine durchaus homogene Masse unter dem Mikroskope zeigen; viel häufiger finden sich Einschlüsse fremder Körper oder es ist die vollständige Raumerfüllung durch Hohlräume unterbrochen.

39. **Mineraleinschlüsse.** Wie es von vielen Mineralien schon durch makroskopische Beobachtung bekannt ist, daß sie Krystalle anderer Substanzen eingeschlossen enthalten (z. B. Quarz mit Einschlüssen von Rutil, Chlorit 2c.), so sieht man diese Erscheinung noch viel häufiger bei der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung. Entweder sind es so kleine Gebilde in Form von Nädelchen, Blättchen, Kügelchen u. dergl., daß weder ihre Krystallform noch ihre Zugehörigkeit ermittelt werden kann, oder es sind größere Kryställchen bekannter Mineralien. Dabei sind diese Interpositionen meist regellos zerstreut, gar nicht selten aber auch in sehr zierlicher Anordnung zu treffen. So finden sie sich in Augit und Hornblende

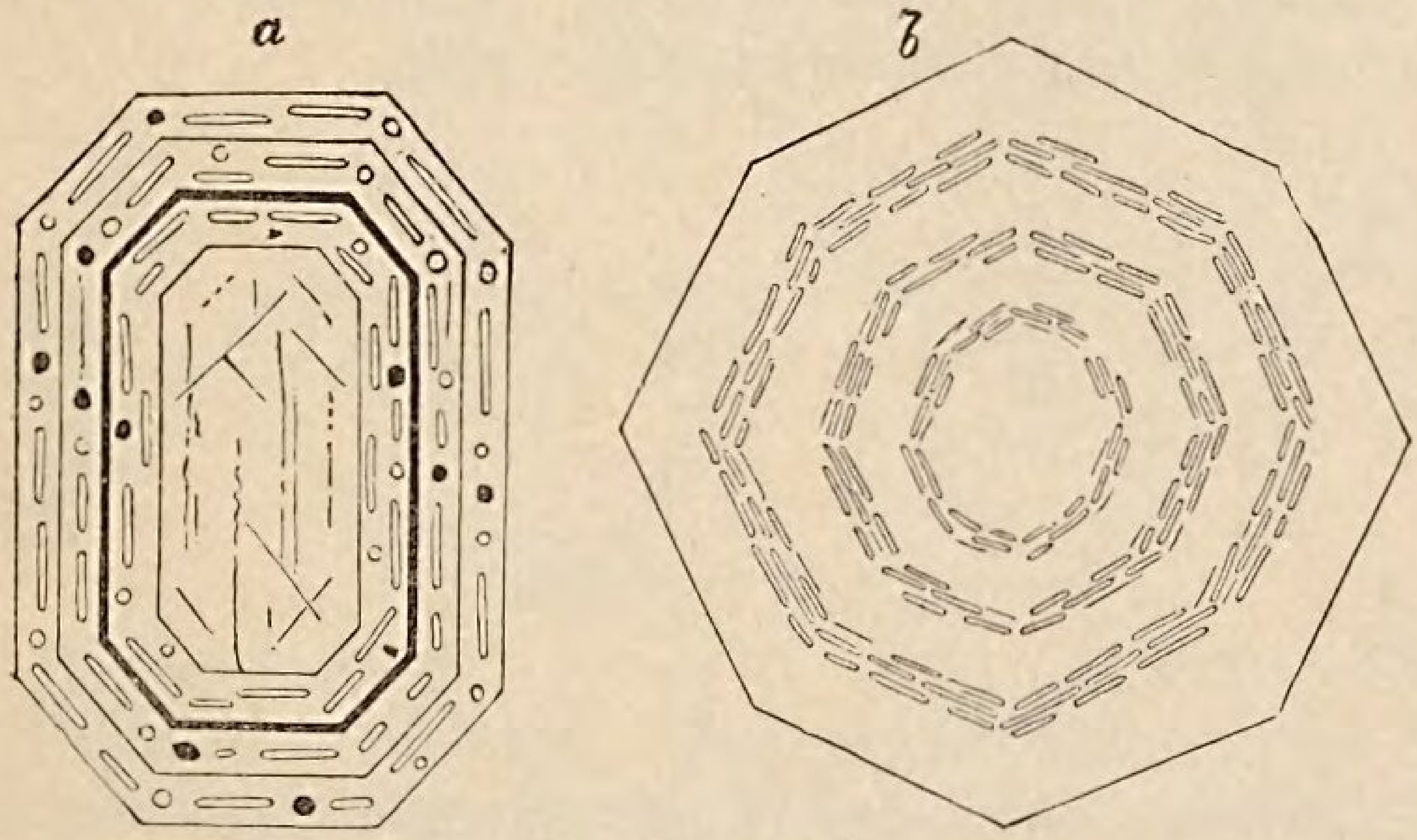


Fig. 6, a u. b.

parallel den Schalen, aus welchen diese Mineralien zuweilen aufgebaut erscheinen, angeordnet (vergl. Fig. 6a), so besonders schön in Leuciten (Fig. 6b), wo sie entweder zentral angehäuft sind oder in konzentrischen Ringen die achtseitigen Durchschnitte dieses Minerals zieren.

Da entweder gewisse Interpositionen oder eine gewisse Anordnung derselben für viele Mineralspezies sehr konstant auftreten, so ist die Wichtigkeit dieser Interpositionen für die Bestimmung der Gemengteile von selbst einleuchtend.

Auch hier ist, ähnlich wie oben angeführt wurde, der Schluß, daß schwerer schmelzbare Mineralien sich als Einschluß in leichter schmelzbaren befinden müssen, durch die Erfahrung nicht bestätigt worden. So findet man nicht nur den allerdings schwer schmelzbaren Apatit allgemein als mikroskopischen Einschluß, sondern auch umgekehrt den leicht schmelzbaren Augit in dem unschmelzbaren Leucit eingewachsen.

40. Glaseinschlüsse. Eine scheinbar unbedeutende, durch ihre Beziehung zur Gesteinsgenesis aber ungemein wichtig gewordene Erscheinung ist das Auftreten von amorphen Glaspartikelchen innerhalb der Mineralien eines Gesteins. Man findet nämlich in den Gemengteilen vieler Massengesteine oft eine große Zahl eingeschlossener, meist winziger Körperchen, welche sich bei genauer Beobachtung als einer amorphen Glasmasse angehörig erweisen. Sie finden sich sowohl in Mineralien solcher Gesteine, welche neben den individualisierten Ausscheidungen amorphe Glasmasse zeigen, als auch dort, wo diese fehlt. Ist vorhandene Glasmasse als der nicht individualisierte Rest des ursprünglichen feuerflüssigen Magmas ein sicherer Beweis für die pyrogene Natur eines Gesteins, so muß dies natürlich auch von den eingeschlossenen Glaspartikelchen gelten.

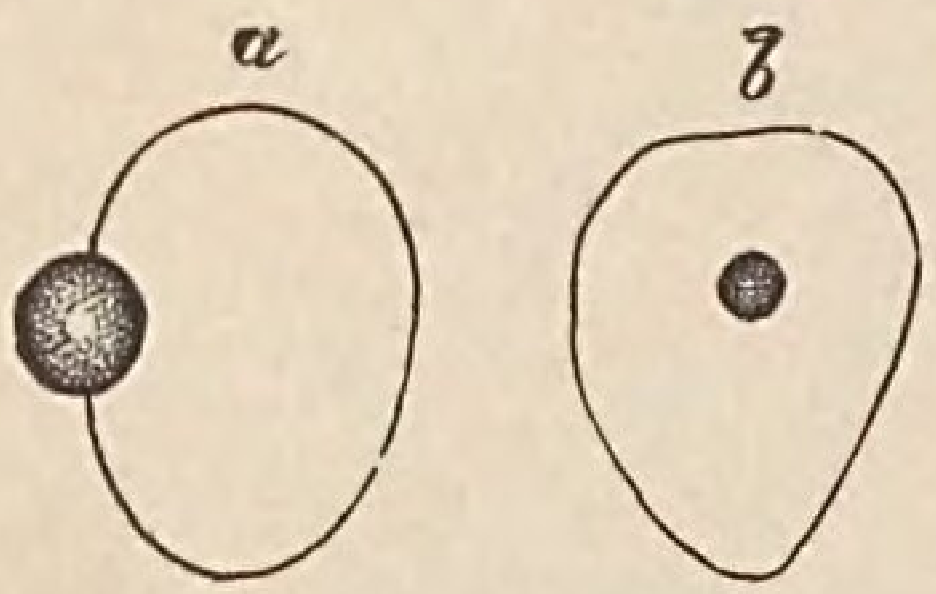


Fig. 7, a u. b.

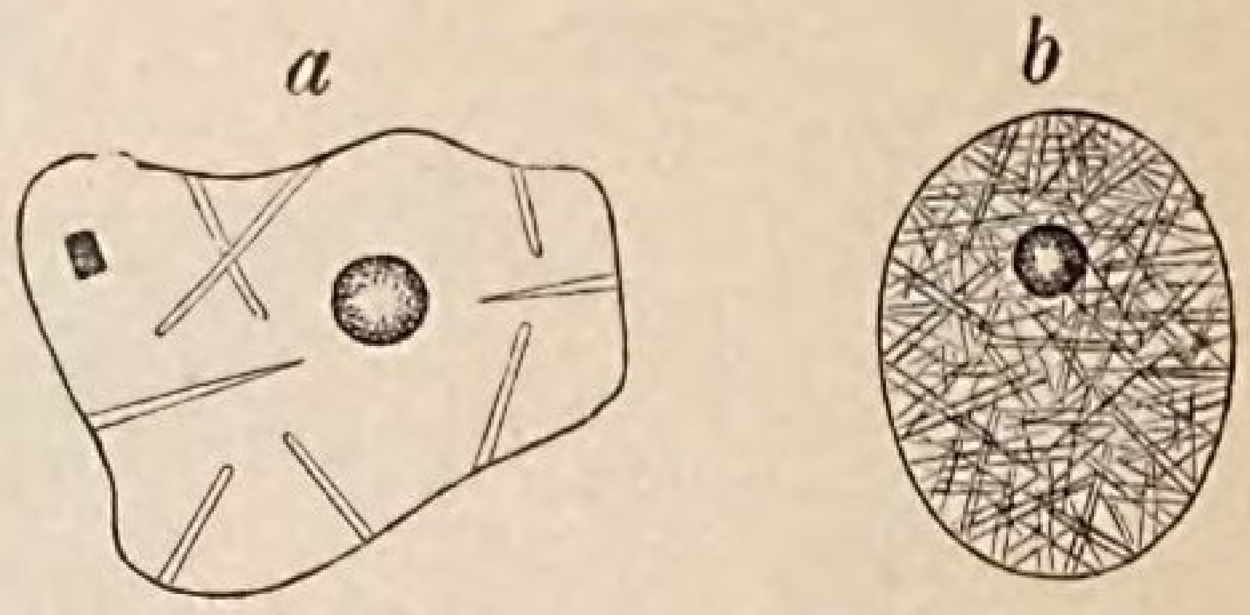


Fig. 8, a u. b.

Ihre Gestalt ist in der Regel rundlich, manchmal länglich, seltener ausgezackt, noch seltener zeigen sie polygonalen Umriß. Ihre Farbe ist sehr verschieden, neben farblosen trifft man häufig schwach grünlich, gelblich oder rötlich gefärbte. Ist neben den ausgeschiedenen Mineralien noch Glasmasse im Gestein vorhanden, so stimmt die Farbe der Einschlüsse mit der Farbe dieser letzteren überein. In der Regel findet sich in ihnen ein, seltener mehrere Bläschen eingeschlossen; manchmal haftet das Bläschen dem Glaseinschlusse von außen an (vergl. Fig. 7, a u. b). Dieser Umstand hat ganz besonders zur Meinung geführt, daß aufsteigende Gasblasen Teilchen der geschmolzenen Masse mitgerissen und so ihre Einschließung in dem sich bildenden Krystalle veranlaßt hätten. Nicht immer zeigt der Glaseinschluß eine reine homogene Substanz, manchmal beobachtet man, daß derselbe von feinen Nädelchen, Härchen oder Körnchen von geringer Zahl bis zur vollständigen Verdrängung der amorphen Masse erfüllt ist (Fig. 8, a u. b). Die Erscheinung erklärt sich dadurch, daß wohl erst nach ihrer Einschließung die amorphe Glasmasse sich zu individualisieren begann,

weswegen denn auch diese Bildungen **Entglasungsprodukte** genannt wurden.

Auch hier läßt sich, wie oben bei den Mineraleinschlüssen erwähnt wurde, sehr oft eine sehr regelmäßige Anordnung beobachten, wie dies aus Fig. 9, a u. b ersichtlich ist.

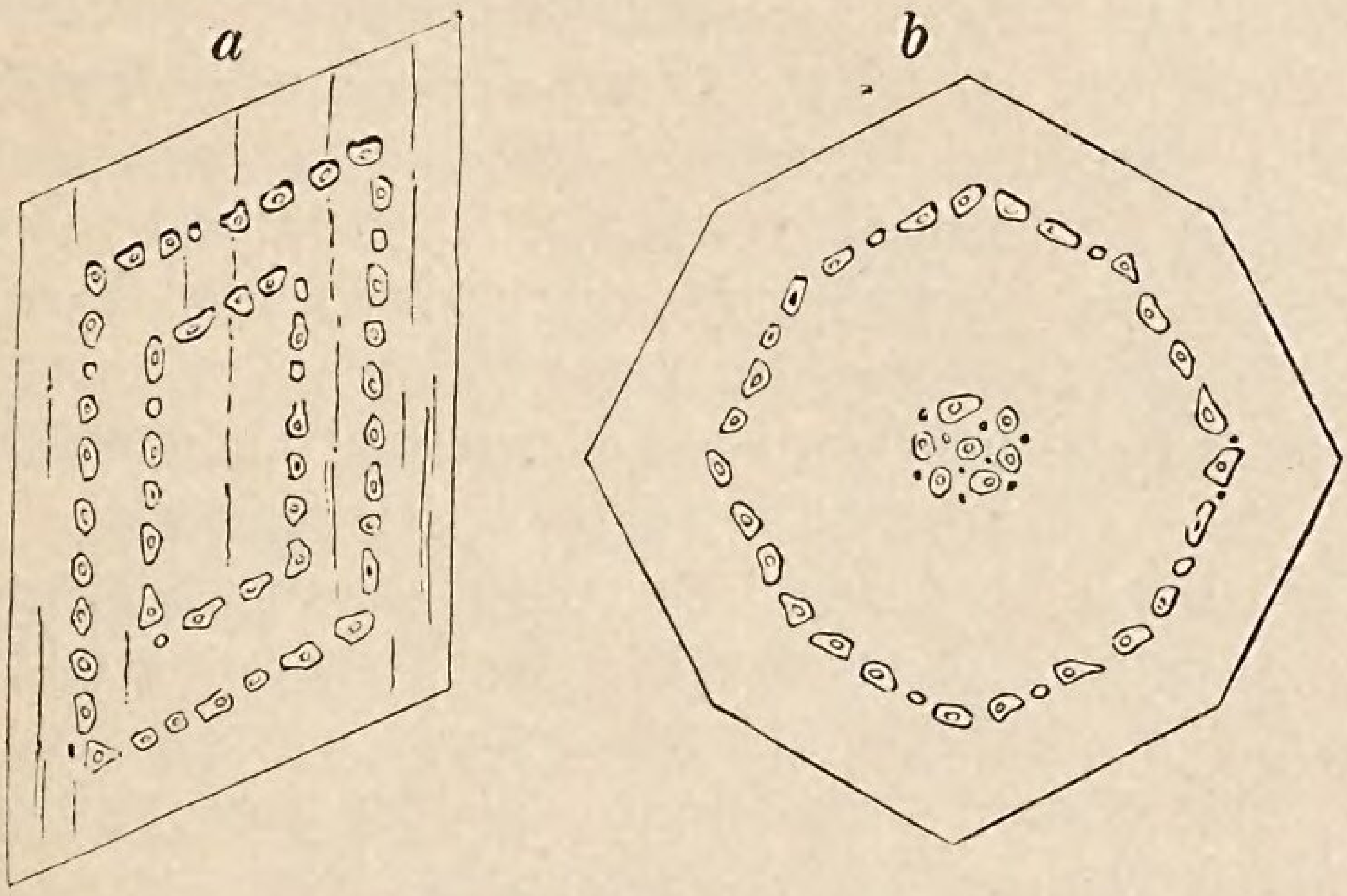


Fig. 9, a u. b.

41. **Flüssigkeitseinschlüsse.** Den Glaspartikeln gleichen die sehr oft vorkommenden Flüssigkeitseinschlüsse in manchen Gemengteilen der Gesteine. Sie erreichen selten eine Größe von über 0,06 mm im größten Durchmesser und zeigen eine sehr mannigfaltige Gestalt, rund, oval, langgezogen, gekrümmt, vielfach ausgezackt und dergl. (vergl. Fig. 10). Auch polygonale Formen, so z. B. sehr schöne sechsseitige Einschlüsse im Quarz der Porphyre, finden sich zuweilen. Sie besitzen, wie die Glaseinschlüsse, in der Regel ein Bläschen, das gewöhnlich infolge der schwachen Erschütterungen des Mikroskops oder von Temperaturschwankungen in lebhafter Bewegung ist, welche durch die Vergrößerung noch gesteigert erscheint. **Sorby**,

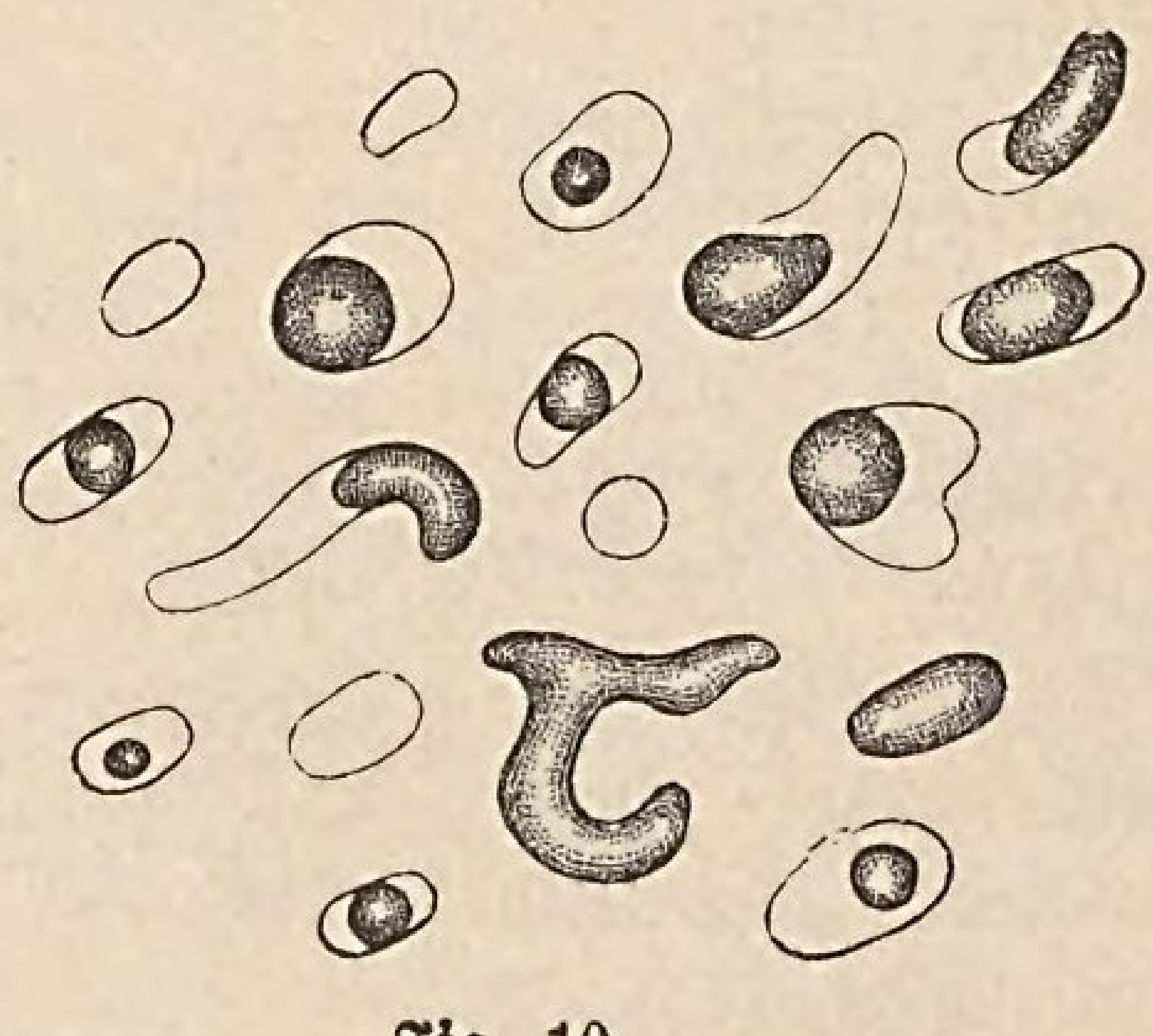


Fig. 10.

der an künstlichen Krystallen sehr wertvolle Beobachtungen in dieser Hinsicht anstellte, glaubte, daß das Bläschen durch Kontraktion des Einschlusses infolge der Abkühlung entstanden sei; in diesem Falle müßte ein konstantes Größenverhältnis zwischen Einschluß und Libelle bestehen, was durch die Erfahrung durchaus nicht immer bestätigt wird.

Bezüglich der Anordnung dieser Einschlüsse in den von ihnen erfüllten Mineralien (z. B. im Quarz der Granite, Porphyre 2c.) müßte ganz Aehnliches wiederholt werden, wie bereits bei den Glaseinschlüssen hervorgehoben wurde. Manchmal durchziehen sie in Reihen den Krystalldurchschnitt, wobei man durch Heben und Senken des Tubus bemerken kann, daß dieselben nichts anderes als die Durchschnitte von lagenförmig angeordneten Einschlüssen sind.

Die Zahl der liquiden Einschlüsse ist sehr verschieden. Gewisse Mineralien, wie z. B. Quarz, umschließen sie mit besonderer Vorliebe; hier trifft man sie zuweilen in solcher Menge, daß bei schwacher Vergrößerung die Durchschnitte wie bestäubt oder milchig getrübt aussehen. Bei stärkerer Vergrößerung löst sich dann diese Trübung in eine Unzahl winziger Flüssigkeitseinschlüsse auf.

Nachdem die Ansicht, daß die Flüssigkeit erst nach der Bildung und Festwerdung des Gesteins auf kapillaren Spalten eingedrungen sei, längst aufgegeben und ihre ursprüngliche Entstehung bei der Festwerdung des sie einschließenden Minerals allgemein angenommen ist, leuchtet ein, von welch weittragender **Bedeutung** ihr Auftreten **für die Erklärung der Genesis** des betreffenden Gesteins ist.

Zur Ermittelung der **chemischen Natur** dieser Einschlüsse wurden zahlreiche und höchst wertvolle Beobachtungen und Versuche von verschiedenen Forschern angestellt. Dieselben ergaben, daß die Flüssigkeit zuweilen reines Wasser, in anderen Fällen wässerige Salzlösungen (besonders von Chlornatrium), oft aber auch liquide Kohlensäure sei.

42. Gasporen. Sie zeigen einige Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Glas- und Flüssigkeitseinschlüssen und erscheinen in Form von kleinen oder auch relativ großen Bläschen von der mannigfaltigsten Gestalt, sind rundlich, oval, in die Länge gezogen und an einem Ende zugespitzt oder auch mannigfach gelappt. In letzterem Falle sind sie oft sehr groß, durchsetzen zuweilen den ganzen Krystall, zeigen manchmal eine rauhe, wie bestäubt aussehende Innenfläche, so daß es schwer zu entscheiden ist, ob sie ursprüngliche, durch eingeschlossene Gase erzeugte Diskontinuitäten der Mineralmasse,

oder nicht vielmehr sekundäre Auswitterungshohlräume sind. Zahl und Anordnung ist eben so verschieden wie die der früher genannten Einschlüsse. Sie sind entweder ganz unregelmäßig verteilt oder in der Mitte des Krystalls angehäuft, öfters auch an die Peripherie gedrängt oder auch in vielfach verzweigten Lagen durch das Mineral verteilt, wo sie dann im Durchschnitt perlschnurartig aneinandergereiht erscheinen.

43. Uebersicht der Unterscheidungsmerkmale. Nicht immer läßt sich sofort auf den ersten Blick bestimmen, ob der vorliegende Einschluß eine Glaspartikel, eine Flüssigkeit oder eine Gaspore sei. Es ist daher von Wert, einige leicht auffindbare Merkmale zusammenzustellen, wie dies in der nebenstehenden Tabelle geschehen ist.

44. Einschlüsse der Grundmasse. Tritt in einem Gesteine den größeren krystallinen Ausscheidungen eine sogenannte „Grundmasse" entgegen, so beobachtet man zuweilen, daß Teile derselben entweder ringsum von einem Krystallindividuum eingeschlossen wurden, oder daß sie buchtenartig in dasselbe hineinragt. Die Gestalt derartiger Einschlüsse ist in der Regel eine vollkommen gesetzlose, selten eine polygonal begrenzte.

45. Mikrolithen. Neben den eben besprochenen Formen mikroskopischer Mineralien finden sich

	Umrandung des Einschlusses.	Farbe.	Bläschen.	Umrandung des Bläschens.	Zahl der Bläschen.	Verhalten beim Erwärmen.	Sonstiges Verhalten.
Glaseinschluß . . .	schmal dunkel	meist gefärbt	unbeweglich	breit dunkel	eins oder mehrere	das Bläschen ist unveränderlich	das Bläschen hängt zuweilen außen am Einschluß
Flüssigkeitseinschluß	breit dunkel	meist farblos	meist beweglich (oft erst beim Erwärmen)	schmal dunkel	nur eins	das Bläschen wird kleiner	—
Gaspore	sehr breit dunkel	farblos	fehlt	—	—	—	im auffallenden Licht stark glänzend.

nun auch Gebilde, welche teils wegen ihrer Kleinheit, teils aus Mangel einer erkennbaren Krystallform selten einer Mineralspezies zugesprochen werden können. Es sind dies die sogenannten **Mikrolithen**, ein Name, der also nicht ein bestimmtes Mineral, sondern nur eine gewisse Ausbildungsweise verschiedener Mineralien bezeichnet. Die Formen, in welchen diese Mikrolithen auftreten, sind höchst mannigfaltig. Häufig sind es gerade, an den Enden abgerundete, zugespitzte oder ausgefranste Nadeln, manchmal auch phantastisch gebogene Schnörkel oder spiralig gewundene Bildungen, von welchen

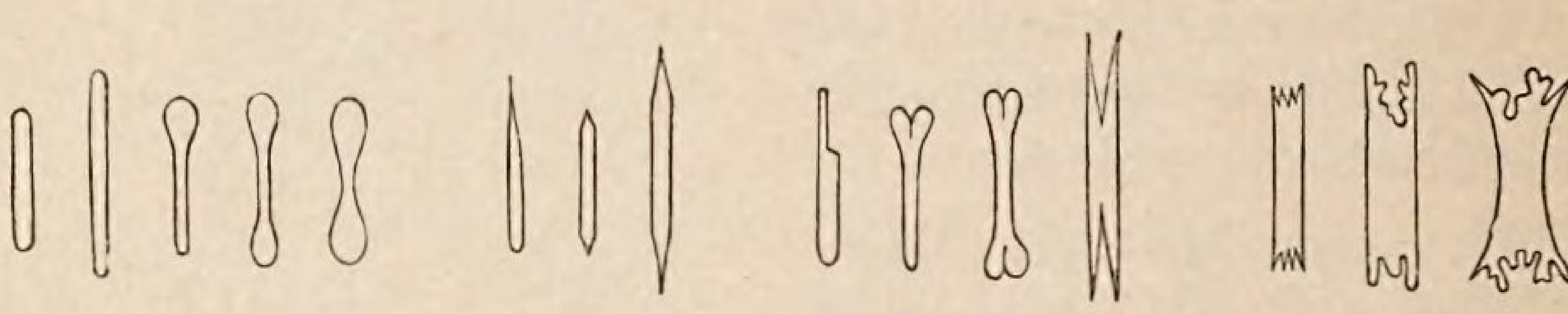


Fig. 11.

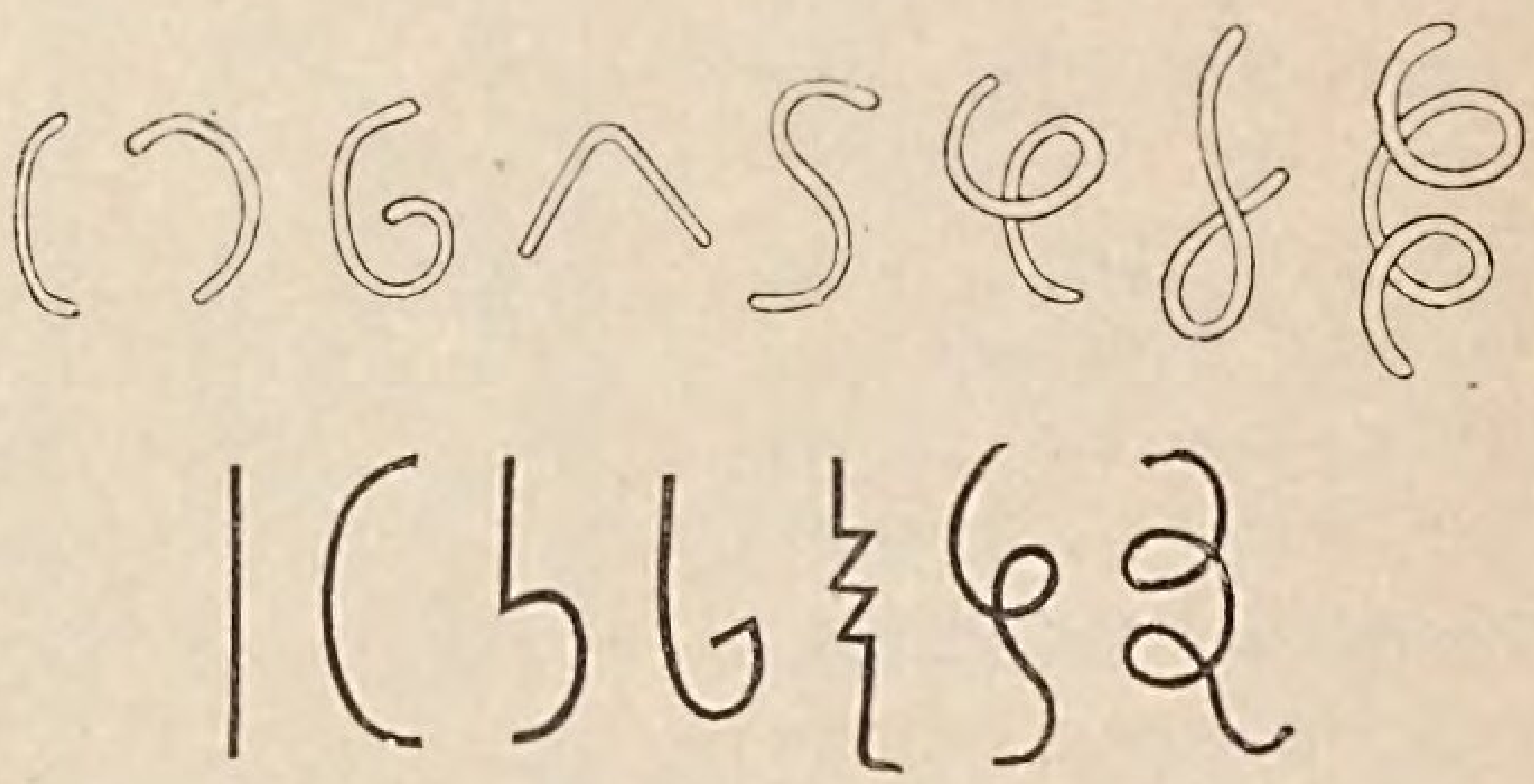


Fig. 12.

die Figuren 11 und 12 besser als jede Beschreibung eine Vorstellung geben. Die schwarzen, undurchsichtigen, oft gewundenen und haarähnlichen Gestalten werden wohl auch als **Trichite**, die nadelförmigen, durchsichtigen als **Belonite** bezeichnet.

46. **Ihre Anordnung.** Mikrolithen erscheinen sowohl als Einschlüsse in anderen Mineralien, als ganz besonders häufig in der Grundmasse porphyrischer Gesteine und in vulkanischen Gläsern; hier zeigen sie oft eine sehr zierliche Anordnung in Schnüren oder in baum- und sternförmigen Gruppen. Manchmal vereinigen sich solche stabförmigen Gebilde in paralleler Stellung selbst zur Bildung eines größeren Krystalls mit mehr oder weniger scharfen Umrissen.

Besonders bemerkenswert ist jene Anordnung solcher mikrolithischer Gebilde, welche den Namen Mikrofluidalstruktur führt, in jüngeren Eruptivgesteinen nicht selten angetroffen wird, in besonders ausgebildeter Form aber in vulkanischen Gläsern, z. B. im Obsidian, auftritt und später noch erwähnt werden soll.

47. **Krystalliten.** In künstlichen Schlacken und vielen natürlichen Gläsern oder auch anderswo findet man zuweilen kugelige oder elliptische Gebilde, welche durchaus ohne Wirkung auf polarisiertes Licht sind. Vogelsang, der dieselben auch künstlich durch Verdunsten einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff darstellte und unter dem Mikroskope beobachtete, nennt diese Bildungen Globulite. In rundliche Haufen gruppiert bilden sie die sogenannten Kumulite; ordnen sie sich perlschnurförmig aneinander, so entstehen die Margarite; verschmelzen sie zu cylindrischen Körperchen, so nennt man sie Longulite. Margarite und Longulite werden unter dem Namen Krystallite zusammengefaßt. Der wesentliche Unterschied der Krystallite von den Mikrolithen besteht darin, daß sich dieselben aus noch kenntlichen Globuliten aufbauen und gegen polarisiertes Licht sich unwirksam zeigen. Läßt sich dieser Aufbau aus Globuliten nicht mehr erkennen, zeigen sie bereits einen Einfluß auf polarisiertes Licht, so sind diese von Vogelsang „Krystalloide" genannten Gebilde nicht mehr scharf von den Mikrolithen zu unterscheiden.

2. Physikalische (optische) Eigenschaften.

48. **Untersuchung im polarisierten Licht.** Von besonderer Wichtigkeit für die mikroskopische Gesteinsanalyse ist die Untersuchung im polarisierten Lichte. Die Anwendung desselben ist nicht bloß wegen der dadurch auftretenden Farbenerscheinungen für die Trennung sonst gleichgefärbter, also im gewöhnlichen Lichte oft schwer unterscheidbarer Mineralien bequem, sondern auch zur Erkennung vieler mikroskopischer Mineralien geradezu unerläßlich. Zur Herstellung des polarisierten Lichtes bedient man sich in der Regel der früher beschriebenen Nicols am Mikroskop. Durch das untere Nicol wird nämlich das vom Spiegel des Mikroskops reflektierte Licht polarisiert, d. h. so verändert, daß die Schwingungen, welche bei gewöhnlichem Lichte senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung nach allen Seiten erfolgen, nur mehr in einer Ebene

vor sich gehen. Diese Ebene soll im folgenden kurz Polarisationsebene*) heißen. Es ist dies zugleich die sogen. optische Hauptschnittsebene oder kurz der Hauptschnitt des Nicol, d. h. jene Ebene, welche durch den parallel der Achse des Mikroskops in den Nicol eintretenden Strahl und die Hauptachse des Kalkspatrhomboeders geht. Versinnlichen kann man sich einen solchen Hauptschnitt eines Nicol durch eine Ebene, welche man durch die Hauptachse des Kalkspatrhomboeders und die kurze Diagonale jener Rhomboederfläche legt, auf welche der Strahl fällt.

Liegt zwischen den beiden Nicols kein Körper, welcher die Schwingungsebene des einfallenden Lichtes verändert, so ist einleuchtend, daß das Gesichtsfeld des Mikroskops nur dann hell sein kann, wenn die Hauptschnitte beider Nicols parallel, dunkel dagegen, wenn sie rechtwinkelig gekreuzt (+) sind, weil im letzteren Falle das vom untern Nicol kommende Licht durch den obern nicht hindurchgehen kann.

49. **Paralleles und konvergentes polarisiertes Licht.** Die aus dem Polarisator eines gewöhnlichen mit zwei Nicols versehenen Mikroskops in die auf dem Objekttisch liegende Krystallplatte eintretenden Lichtstrahlen sind parallel oder nahezu parallel. Fügt man aber zwischen Polarisator und Krystallplatte eine stark brechende Linse (Kondensorlinse) ein, so durchsetzt ein kegelförmiges Büschel polarisierter Lichtstrahlen den Krystall. Die optischen Erscheinungen in beiden Fällen sind sehr verschieden, und man muß daher die Beschreibung der Erscheinungen im parallelen polarisierten Lichte von der Beschreibung der Erscheinungen im konvergenten polarisierten Lichte auseinanderhalten. Es mag übrigens erwähnt werden, daß sich unter Anwendung von parallelem polarisierten Lichte allein viele Gesteinsuntersuchungen mit sehr befriedigenden Ergebnissen durchführen lassen.

a) Beobachtungen im parallelen polarisierten Lichte.

50. **Einfach- und doppeltbrechende Mineralien.** Wie aus jeder Mineralogie zu ersehen ist, zerfallen sämtliche Mineralien in optischer Hinsicht in einfach- und doppeltbrechende, d. h. in solche, welche das auffallende Licht (bei schiefer Incidenz auf eine Fläche) nur von seiner Richtung ablenken, ohne es zu polarisieren

*) Nach Neumann.

(isotrope Substanzen), und andere, welche neben der Ablenkung den einfallenden Strahl in zwei senkrecht zu einander polarisierte, mit verschiedener Geschwindigkeit sich fortpflanzende, daher verschieden stark gebrochene Strahlen zerlegen (anisotrope Körper). Zu den ersteren gehören die amorphen und die im tesseralen System krystallisierenden Mineralien, zu den letzteren alle übrigen.

Heißt i der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit einer auf der Incidenzfläche Senkrechten bildet, r der Winkel des gebrochenen Strahles mit derselben Senkrechten, so wird bekanntlich das Verhältnis $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ der Brechungsexponent (Brechungsquotient, Brechungsindex) genannt.

Daß ein in ein neues Medium übertretender Lichtstrahl gebrochen wird, hat seinen Grund in der veränderten Fortpflanzungsgeschwindigkeit im neuen Medium, und diese wiederum hängt von den optischen Elastizitätsverhältnissen in demselben ab. Bei isotropen Mineralien sind diese letzteren nach allen Seiten hin gleich, bei anisotropen nach verschiedenen Richtungen hin verschieden. Je kleiner die Elastizität ist, in welcher der Strahl schwingt, je geringer also die Geschwindigkeit im neuen Medium ist, um so stärker wird der Strahl gebrochen, um so größer ist sein Brechungsexponent.

Wird zwischen + Nicols ein durchsichtiges Plättchen eines isotropen Minerals gebracht, so bleibt selbstverständlich, da das eintretende Licht dadurch nicht verändert wird, das Gesichtsfeld dunkel, es wird dagegen im allgemeinen hell, wenn ein Plättchen eines anisotropen Minerals eingeschoben wird. Durch ein solches wird nämlich der vom Polarisator kommende Strahl in zwei senkrecht zu einander polarisierte zerlegt, von denen je eine Komponente durch den Analysator durchgehen kann. Die Intensität dieses durchgelassenen Lichtes hängt von der Lage der Schwingungsebenen in der Krystallplatte gegenüber den Hauptschnitten der Nicols ab. Sie ist am größten, wenn die Schwingungsebenen im Krystall mit den Nicolhauptschnitten einen Winkel von 45° bilden, am kleinsten, d. h. = 0, wenn diese Schwingungsrichtungen mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Nur für diese Lage der Platte bleibt das Gesichtsfeld dunkel, gerade so, als ob die Platte einem isotropen Minerale angehörte. Damit ist also ein sehr einfaches Mittel gegeben, isotrope und anisotrope Mineralien im polarisierten Lichte zu unterscheiden.

51. Interferenzfarben. Mit der Doppelbrechung treten immer, wenn die Krystallplättchen nicht allzu dünn und nicht zu dick sind, gewisse Farbenerscheinungen auf, welche bei verschiedenen Mineralien verschieden lebhaft, bei manchen, z. B. bei Quarz, sehr brillant sind. Da nämlich die beiden im doppeltbrechenden Minerale entstehenden Strahlen durch den Analysator auf eine Schwingungsebene zurückgeführt werden, so kommt es dort natürlich zu einer Interferenz derselben, welche, wenn sich beide Strahlen mit derselben Phase (nach derselben Seite hin schwingend) begegnen, eine Förderung, wenn mit entgegengesetzter, eine Hemmung oder eine vollständige Vernichtung zur Folge hat. Der Grund dafür, daß sich die Strahlen mit so verschiedenen Phasen begegnen können, liegt in der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit beider senkrecht zu einander polarisierter Strahlen.

Es ist leicht einzusehen, daß das Zusammentreffen verschiedener Schwingungsphasen, deren Unterschied die sog. Phasendifferenz ist, von mehreren Umständen abhängt. Zunächst wird die Dicke der Krystallplatte, durch welche die Strahlen gehen, von Einfluß auf die Phasendifferenz sein, da die Verzögerung des einen gegen den andern offenbar um so größer sein wird, je dicker die Platte ist. Je größer sodann die Differenz der Brechungsexponenten der beiden Strahlen ist, je stärker, wie man sagt, die Doppelbrechung ist, desto dünner kann die Platte sein, welche dieselbe Phasendifferenz erzeugt, wie bei schwächerer Doppelbrechung eine dickere. Da endlich die Differenz der Brechungsexponenten zunimmt mit dem Winkel, welchen die durchgehenden Strahlen mit der optischen Achse (oder der optischen Achsenebene, vergl. Nr. 53, 55) einschließen, so ist ersichtlich, daß bei einer und derselben Substanz eine Platte, welche parallel der Achse (oder Achsenebene) geschnitten ist, viel dünner sein kann, um dieselbe Phasendifferenz zu erzeugen, als eine Platte, die in andern Richtungen aus dem Krystalle geschnitten wurde.

Wird durch Interferenz eine Farbe des Spektrums des weißen Lichtes verstärkt, so wird diese vorherrschen nnd daher erscheint die Platte in dieser vorherrschenden Farbe. Wird durch Interferenz dieselbe Farbe zerstört, so werden die übrigen zusammen ihre Komplementärfarbe geben. Genaue Betrachtungen lehren nun, daß dieselbe Farbe, welche bei parallelen Nicols verstärkt wird, bei gekreuzten Nicols ausgelöscht wird; es müssen daher in beiden Stellungen der Nicols komplementäre Farben auftreten. Ebenso findet man, daß sehr dünne Plättchen keine lebhaften Farben zeigen

können. Mit zunehmender Dicke werden die letzteren lebhafter und gehen von Blau über Grün, Gelb und Orange nach Rot und Violett über. Bei steigender Dicke wiederholt sich diese Farbenreihe (daher Farben erster, zweiter, dritter .... Ordnung unterschieden werden), jedoch mit abnehmender Lebhaftigkeit, bis bei einer bestimmten Dicke überhaupt keine Farben erscheinen, sondern das sogen. „Weiß der höhern Ordnung" auftritt. Die hintereinander folgenden Ordnungen der Interferenzfarben sind in der Newtonschen Farbentafel dargestellt. (Vgl. eine solche in Groth, Physik. Kryst. 1894, und Rosenbusch, Mikr. Physiogr. I. Bd. 1892.)

Es ist klar, daß aus den auftretenden Interferenzfarben eine Reihe von Schlüssen auf die optischen Verhältnisse der vorliegenden Krystallplättchen gemacht werden können. So wird von mehreren optisch gleich orientierten und gleich dicken Platten verschiedener Mineralien diejenige eine stärkere Doppelbrechung besitzen, welche lebhaftere Farben zeigt*). Gleich dicke, verschieden orientierte Schnitte desselben Minerals müssen verschiedene Farben zeigen. Ist der Brechungsexponent des einen Strahles, Dicke und Schnittrichtung der Platte bekannt, so kann aus der Stellung der Interferenzfarbe in der Farbentafel auf den andern Brechungsexponenten geschlossen werden. Umgekehrt, sind die Berechnungsexponenten, Schnittrichtung und Interferenzfarbe bekannt, so ergiebt sich daraus die Dicke der Platte u. dergl. m.

An der Grenze der Farben erster und zweiter Ordnung wechseln die Nuancen ungemein rasch schon bei geringer Aenderung der Phasendifferenz. Das hier auftretende Rotviolett heißt daher das empfindliche Rot, weil sich diese Farbe schon sehr merklich ändert, wenn man unter oder über ein Krystallplättchen, das diese Farbe zeigt, ein anderes mit wenn auch sehr geringer Doppelbrechung legt, wodurch die Erkennung der letzteren bedeutend erleichtert wird. Man benutzt zur Erzeugung des empfindlichen Rot dünne Gipsplättchen oder eine Quarzplatte, welche in den am Objektiv des Mikroskops befindlichen Schlitz eingefügt werden.

52. Bestimmung des Krystallsystems. Lassen sich einfachbrechende Körper (amorphe und tesseral krystallisierende) durch ihre Wirkungslosigkeit zwischen den Nicols erkennen, so fragt es sich, ob die polarisierende Wirkung der doppeltbrechenden zur Erkennung des

---

*) Freilich gilt dies nicht mehr ganz, wenn die Stärke der Doppelbrechung für verschiedene Farben nicht genau gleich groß ist.

Krystallsystems mittels eines Mikroskops mit Polarisation verwendet werden kann. In der That ist diese Erkennung unter Benutzung eines solchen Instrumentes dann mit voller Sicherheit möglich, wenn die vorliegenden Durchschnitte auf eine Krystallform zurückgeführt werden können, weil einerseits ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen den Schwingungsrichtungen der beiden polarisierten Strahlen und der Krystallform herrscht, anderseits diese Schwingungsrichtungen, wie oben erwähnt, an der eintretenden Dunkelheit des Gesichtsfeldes, wenn die Krystallplatte zwischen + Nicols gedreht wird, bestimmt werden können. Der Zusammenhang zwischen Schwingungsrichtungen und Krystallform soll im folgenden dargelegt werden, wobei zur Vereinfachung der Erklärung stets vorausgesetzt wird, daß die Strahlen den Krystall senkrecht zu einer Symmetrieebene durchsetzen.

53. **Optisch einachsige Mineralien.** Mineralien des tetragonalen und hexagonalen Systems, in welchen also eine veränderliche Hauptachse gleichwertigen, auf dieser senkrecht stehenden Nebenachsen gegenübersteht, zeigen optisch die Eigentümlichkeit, daß Strahlen, welche parallel der Hauptachse den Krystall durchsetzen, nicht doppelt gebrochen werden; für alle anderen Strahlen findet Doppelbrechung statt und zwar in gleichem Grade bei allen Strahlen, welche rings um die Hauptachse mit dieser gleiche Winkel einschließen. Wegen dieser einen Richtung ohne Doppelbrechung werden die Mineralien dieser Systeme *optisch einachsig* genannt.

54. **Optische Charakteristik der optisch einachsigen Mineralien.** In optisch einachsigen Krystallen ist die optische Elastizität in allen Richtungen, welche gleiche Winkel mit der Achse bilden, gleich; senkrecht zur Achse ist sie ein Maximum oder ein Minimum, in allen zwischen dieser und der parallelen zur Achse gelegenen Richtungen eine zwischen diesen Grenzen gelegene, allmählich von der einen zur andern abnehmend oder wachsend. Es ist klar, daß derjenige von den beiden durch Doppelbrechung entstandenen Strahlen, welcher senkrecht zum Hauptschnitte, also senkrecht zur optischen Achse schwingt, d. i. der „ordentliche Strahl“, stets dieselben Elastizitätsverhältnisse findet, unter welchem Winkel er auch den Krystall durchsetzt. Er wird stets gleich gebrochen, sein Brechungsexponent ω ist konstant. Der andere, im Hauptschnitte schwingende „außerordentliche Strahl“ trifft je nach seiner Fortpflanzungsrichtung im Krystalle verschiedene Elastizitätsverhältnisse. Bewegt er sich parallel der Achse, schwingt er also senkrecht zu dieser, so findet er

dieselben Verhältnisse wie der ordentliche, er ist von diesem nicht unterschieden, es findet keine Doppelbrechung statt. Bewegt er sich dagegen senkrecht zur Achse, schwingt somit parallel zu dieser, so findet er am meisten geänderte Verhältnisse; sein Brechungsexponent für diesen Fall, ε, unterscheidet sich am stärksten von jenem des ordentlichen Strahles. In Zwischenlagen schwingt er in zwischen diesen Grenzen liegenden optischen Elastizitätsverhältnissen und wird dementsprechend gebrochen.

Bezeichne a Richtung und Größe der größten Elastizität im Krystalle, c Richtung und Größe der kleinsten. Fällt die optische Achse mit a zusammen, so schwingt der ordentliche Strahl stets in c, er bewegt sich langsamer als der außerordentliche, wird daher stärker gebrochen, es ist $\omega > \varepsilon$; solche Krystalle heißen optisch negativ. Fällt dagegen die optische Achse mit c zusammen, so schwingt der ordentliche Strahl stets in a, er bewegt sich schneller als der außerordentliche, wird daher schwächer gebrochen, es ist $\omega < \varepsilon$; solche Krystalle heißen optisch positiv.

55. **Optisch zweiachsige Mineralien.** Bei den Systemen ohne krystallographische Hauptachse lehrt eine genauere Betrachtung, daß es in ihnen zwei Richtungen ohne Doppelbrechung giebt. Diese beiden Richtungen heißen optische Achsen und die Mineralien dieser Systeme optisch zweiachsig. Die optischen Achsen liegen (für eine bestimmte Farbe) in einer Ebene, der optischen Achsenebene, und schneiden sich unter einem für jedes Mineral ziemlich konstanten Winkel, dem optischen Achsenwinkel. Die Halbierungslinie des spitzen Achsenwinkels heißt Bisectrix, die Senkrechte auf der Achsenebene die optische Normale.

Im rhombischen Systeme fällt die Achsenebene mit einer der drei Hauptsymmetrieebenen, die Bisectrix und optische Normale mit je einer Krystallachse zusammen. Im monoklinen Systeme liegen die optischen Achsen entweder in der Symmetrieebene oder in einer darauf senkrechten Ebene. Im ersteren Falle liegt die Bisectrix in der Symmetrieebene, im letzteren ebenfalls in ihr oder sie ist parallel der Normalen auf die Symmetrieebene. Im triklinen Systeme endlich zeigt sich keine einfache Beziehung zwischen den optischen und den Krystallachsen.

Durchschnitte durch Mineralien dieser Systeme werden im allgemeinen zwischen +Nicols in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen dunkel. Schnitte senkrecht zu einer optischen Achse werden nicht, wie man wohl erwarten möchte, dunkel, sondern bleiben —

aus einem hier nicht weiter auseinanderzusetzenden Grunde*) — bei einer vollen Drehung hell.

56. **Optische Charakteristik der optisch zweiachsigen Mineralien.** In optisch zweiachsigen Mineralien unterscheidet man drei Richtungen verschiedener Elastizität. Bezeichne a Richtung und Größe der größten Elastizität im Krystalle (kurz die „Achse der größten Elastizität"), c jene der kleinsten und b jene einer mittleren. Die Richtungen a, b, c stehen senkrecht aufeinander; die optischen Achsen liegen in der Ebene ac, die optische Normale fällt mit b zusammen. Die optischen Achsen liegen symmetrisch zu a und c. Ist a die Bisectrix, so heißt der Krystall optisch negativ, fällt die Bisectrix in die Richtung von c, so nennt man den Krystall optisch positiv. Im ersteren Falle liegt b seiner Größe nach näher an c, im letzteren näher an a. Der Brechungsexponent für Strahlen senkrecht zu a (welche also parallel a schwingen) heißt α, jener für Strahlen senkrecht zu b (parallel b schwingend) β, jener für Strahlen senkrecht zu c (parallel c schwingend) γ.

Die beigegebenen Figg. 13 u. 14 mögen die erörterten Verhältnisse optisch ein- und zweiachsiger Mineralien bildlich darstellen. In beiden Figuren stellen die dicken Linien die optische Achse, bezw. die optischen Achsen dar.

Im rhombischen Systeme fallen die Richtungen a, b, c mit den Krystallachsen zusammen, die optische Achsenebene liegt also, wie erwähnt, in einer der drei Symmetrieebenen.

Im monoklinen Systeme liegt stets eine der Elastizitätsachsen in der Normalen auf der Symmetrieebene (in der „Orthodiagonalen"), die beiden andern liegen in der Symmetrieebene; ihre Richtungen bilden mit den in dieser Ebene liegenden Krystallachsen bei den verschiedenen Mineralien verschiedene Winkel. Liegt b in der Orthodiagonale, dann fällt natürlich die optische Achsenebene in die Symmetrieebene, liegt aber a oder c in der Orthodiagonale, so steht die optische Axenebene senkrecht auf der Symmetrieebene.

Im triklinen Systeme fallen, wie erwähnt, die Elastizitätsachsen nicht mit krystallographischen Achsen zusammen.

57. **Amorphe und tesserale Mineralien.** Amorphe Mineralien sind im Dünnschliff teils am Mangel einer Krystallform, teils an ihrer Wirkungslosigkeit zwischen den Nicols zu erkennen. Zeigen tesserale Mineralien keine Krystallform, so sind sie, wenn nicht

*) Vgl. hierüber Groth, „Physikalische Krystallographie 1894", S. 99.

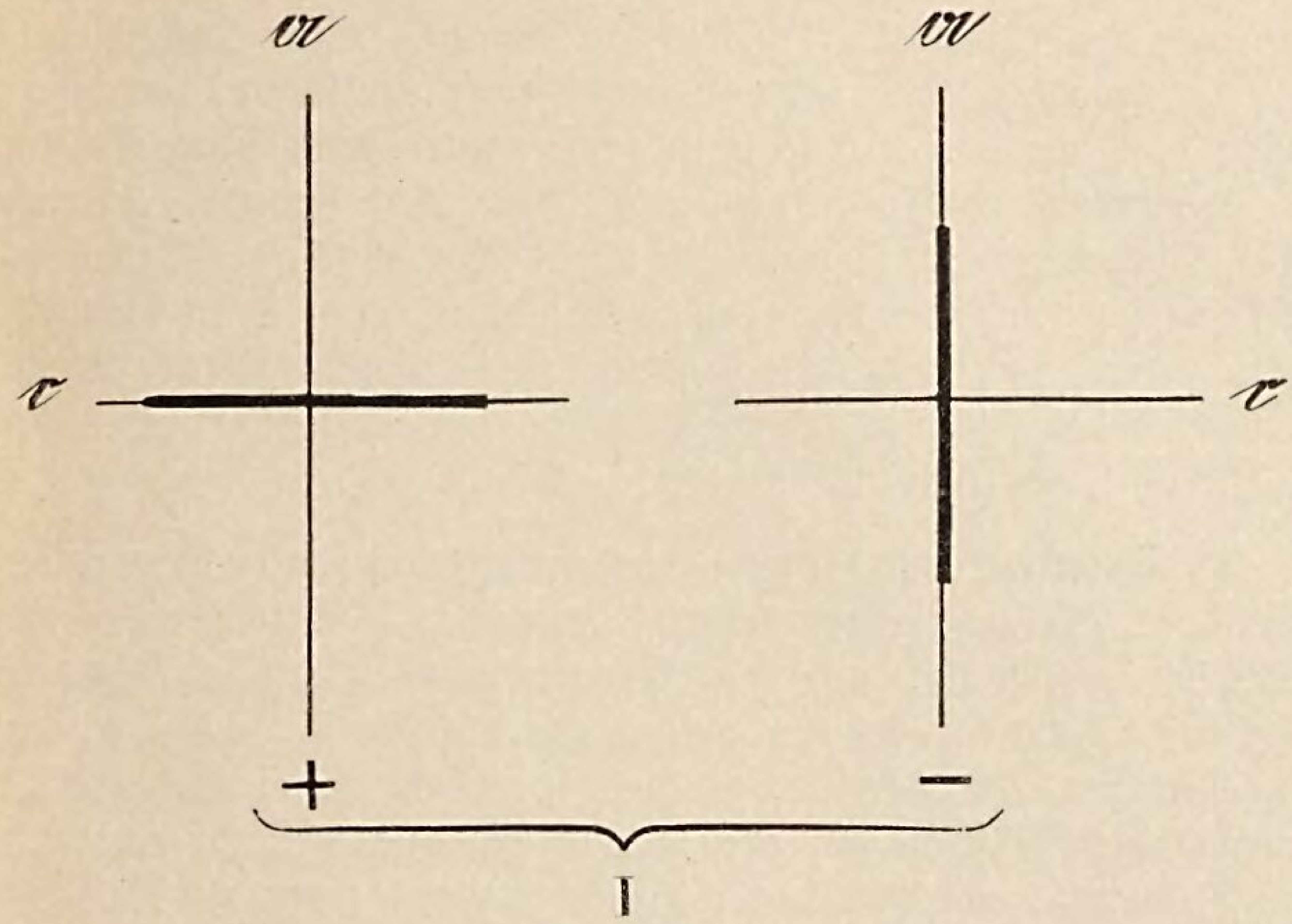


Fig. 13.

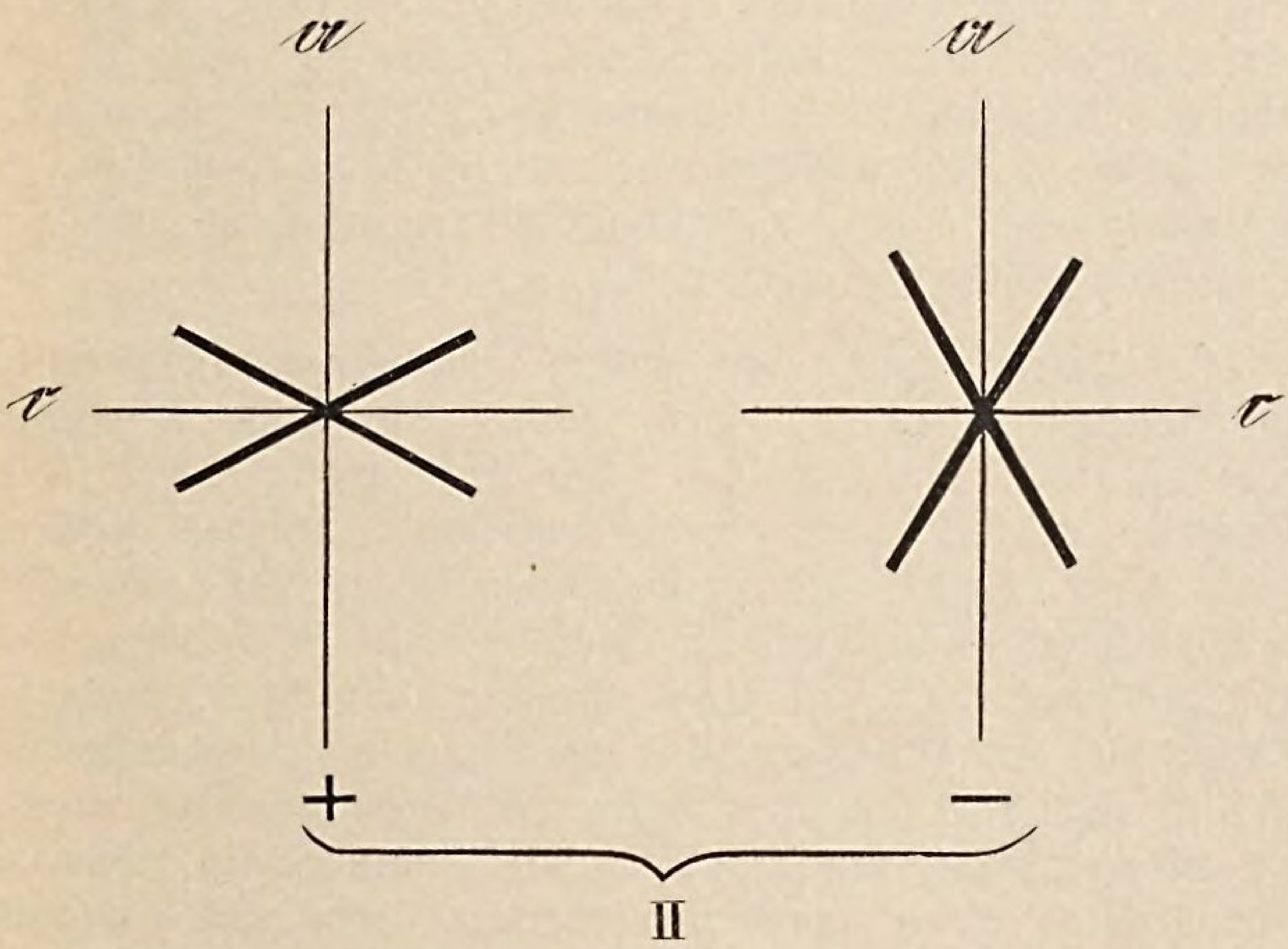


Fig. 14.

andere Kennzeichen, z. B. Spaltbarkeit, vorhanden sind, von amorphen nicht zu unterscheiden. Kommen sie aber in Krystallen vor, so unterscheidet sie dies von den amorphen, ihr isotropes Verhalten

aber von den Mineralien der übrigen Systeme. Eine Verwechselung mit tetragonalen und hexagonalen Mineralien wäre nur dann möglich, wenn von den letzteren beiden nur Durchschnitte senkrecht zur Hauptachse vorlägen, die, wie schon oben bemerkt, ebenfalls keine Doppelbrechung zeigen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß sich von tetragonalen oder hexagonalen Krystallen neben jenen Schnitten auch andere zur Hauptachse geneigte, also doppeltbrechende Durchschnitte finden, deren Zugehörigkeit zu den ersteren durch andere Merkmale meist leicht erkannt werden kann.

58. **Unterscheidung der tetragonalen und hexagonalen Mineralien.** Nach dem Vorhergehenden lassen sich zwischen + Nicols die optisch einachsigen Krystalle, also die des tetragonalen und hexagonalen Systems, dadurch von den optisch zweiachsigen unterscheiden, daß ein Teil der Durchschnitte, die sich meist als mehr oder weniger regelmäßige Polygone darstellen, bei einer vollen Horizontaldrehung dunkel bleiben, während andere, in der Regel mehr in die Länge gestreckte Durchschnitte desselben Minerals nur dann dunkel werden, wenn die Nicolhauptschnitte der Hauptachse und einer darauf senkrechten parallel sind. Untereinander unterscheidet man sie nun dadurch, daß die stets dunkel bleibenden Querschnitte mit quadratischem oder auf die 4-Zahl zurückführbarem Umriß dem tetragonalen, die sechsseitigen oder auf die 6-Zahl zurückführbaren Querschnitte dem hexagonalen Systeme zuzuzählen sind.

59. **Unterscheidung der optisch zweiachsigen Mineralien.** Zur Unterscheidung der rhombischen, mono- und triklinen Mineralien mögen folgende Winke genügen. Die Durchschnitte rhombischer Mineralien parallel den Symmetrieebenen werden zwischen + Nicols immer dann dunkel, wenn eine Krystallachse, resp. eine dazu parallele Kante einem Nicolhauptschnitte parallel ist. Die monoklinen Mineralien zeigen dieses Verhalten nur dann, wenn der Schnitt die Symmetrieebene mehr oder weniger senkrecht getroffen hat; in Schliffen dagegen, welche der Symmetrieebene parallel oder nahezu parallel sind, stellt sich die Dunkelheit ein, wenn die Krystallachsen, die in der Symmetrieebene liegen und von denen wenigstens die Vertikalachse ihrer Richtung nach aus den Projektionen der Prismen oder des Orthopinakoids auf die Schliffebene bestimmt werden kann, mit den Nicolhauptschnitten gewisse Winkel einschließen. Der Winkel, den die vertikale Achse des Krystalls bei eintretender Dunkelheit mit einem Nicolhauptschnitte bildet, ist die sogenannte

Auslöschungsschiefe*). In triklinen Mineralien fallen die Auslöschungsrichtungen nie mit einer Kystallachse zusammen. Uebrigens findet die Unterscheidung der mono- und triklinen Mineralien auf diesem Wege in der Praxis selten Anwendung, da die häufig vorkommenden triklinen Plagioklase anderweitig sehr scharf charakterisiert sind, außer diesen aber nur wenige trikline Mineralien als Gesteinsgemengteile auftreten.

Der Moment des Eintritts voller Dunkelheit beim Drehen des Präparats ist wegen des allmählichen Ueberganges von hell in dunkel oft schwierig festzustellen. Um sich hier zu helfen, hat man verschiedene Mittel ersonnen, deren Beschreibung hier nur flüchtig gegeben werden kann (vgl. dazu Rosenbuschs „Mikroskopische Physiographie" I, S. 148 ff.). Eine senkrecht zur Achse geschliffene Calcitplattte zeigt zwischen + Nicols ein dunkles Kreuz. Legt man eine solche („stauroskopische") Platte auf das zu untersuchende Krystallplättchen und dreht das letztere, so zeigt sich das dunkle Kreuz nur dann ungestört, wenn das Plättchen auf volle Dunkelheit gestellt ist. Auch eine über dem Objektiv eingeschobene Quarzplatte, ein Gips- oder Glimmerblättchen, welches das empfindliche Rot zeigt, kann dazu verwendet werden, da die durch das doppeltbrechende Krystallplättchen erzeugte Farbenveränderung sofort verschwindet, wenn das letztere auf dunkel gestellt ist. Noch viel vollkommener wird der Zweck mit der Brezinaschen oder der Calderonschen Calcit-, sowie mit der Bertrandschen kombinierten Quarzplatte erreicht. Letztere ist eine aus zwei Paaren von gleich dicken, senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzstücken bestehende Platte, die in das Okular so eingefügt ist, daß die rechtwinklig sich schneidenden Fugen mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Die aufeinanderfolgenden Quadranten gehören abwechselnd rechts und links drehendem Quarze**) an. Bei gekreuzten Nicols sind alle vier Sektoren gleich gefärbt; legt man nun ein doppeltbrechendes Plättchen auf den Objekttisch des Mikroskops, so erscheinen je zwei gegenüberliegende Quadranten gleich, je zwei anliegende verschieden gefärbt. Die gleiche Färbung aller vier Quadranten tritt jedoch wieder ein, wenn das Krystallplättchen auf dunkel gestellt ist.

---

*) Solcher Winkel giebt es natürlich zwei sich zu 90° ergänzende, je nachdem der Winkel der Vertikalachse mit dem obern oder untern Nicolhauptschnitt gemeint ist; als Winkel der Auslöschungsschiefe bezeichnet man immer den kleineren.

**) S. Nr. 63, Cirkularpolarisation.

60. **Bestimmung des optischen Charakters.** Welche von den zwei in der Ebene eines Krystallplättchens liegenden Elastizitätsachsen die größere, welche die kleinere ist, kann im parallelen polarisierten Lichte mittels der Aenderung der Interferenzfarbe bestimmt werden, welche ein Mineral von bekanntem optischen Charakter durch das zu untersuchende Plättchen erfährt. Quarz ist optisch positiv. Die Achse der kleinsten Elastizität ist der krystallographischen Hauptachse parallel. Schiebt man in den Tubus des Polarisationsmikroskops, dessen Nicols gekreuzt sind, über dem Objektiv eine parallel der Achse geschliffene Quarzplatte, welche das empfindliche Rot zeigt, so ein, daß die Achse derselben 45° mit den Nicols bildet, und legt auf den Objekttisch das zu untersuchende Plättchen so, daß seine Elastizitätsachsen den Nikolhauptschnitten parallel sind, so wird es keine Farbenveränderung des Quarzes hervorrufen. Dreht man das Plättchen nun bis in die 45°-Stellung zu den Nicols, so wird es steigend eine Farbenveränderung hervorrufen. In der 45°-Stellung liegen seine Elastizitätsachsen jenen im Quarz parallel. Fallen im Mineralplättchen und im Quarze die Elastizitätsachsen im gleichen Sinne (d. h. die größere mit der größeren) zusammen, so muß dies wie eine Verdickung der Quarzplatte wirken, und es erscheint die Farbe des Quarzes in der Richtung gegen die nächst höhere Ordnung hin verschoben. Fallen sie dagegen im entgegengesetzten Sinne zusammen, so wirkt dies wie eine Verdünnung der Quarzplatte, die hervorgerufene Farbe gehört der ersten Ordnung an. Da nun in der Newtonschen Farbentafel sowohl die Reihenfolge der Farben, als auch ihre Lebhaftigkeit abgelesen werden kann, so wird man auch durch den Vergleich der beobachteten Erscheinung mit der Farbentafel entscheiden können, welche der beiden im Plättchen liegenden Elastizitätsachsen die größere, welche die kleinere ist.

Bei der Untersuchung von Gesteinsdünnschliffen, wo stets nur sehr dünne Plättchen vorliegen, welche in der Regel für sich nur Farben erster Ordnung zeigen, eignet sich zur Bestimmung des optischen Charakters eines Mineralschnittes besser ein sog. $^1/_4$-Undulationsglimmerplättchen, d. h. ein so dünnes Plättchen von Kaliglimmer, daß die durch dasselbe erzeugte Phasendifferenz der beiden senkrecht zum Plättchen durchgehenden Strahlen $^1/_4$-Wellenlänge des Lichtes (Strahlen mittlerer Wellenlänge) beträgt. Im Spaltungsplättchen von Kaliglimmer liegen die Elastizitätsachsen b und c, die optische Achsenebene steht also auf solchen Lamellen senkrecht und c

liegt in der Verbindungslinie der beiden Achsenpunkte*). Um diese Richtung zu markieren, schneidet man aus der Glimmerlamelle ein oblonges Plättchen, dessen längere Seite der Achsenebene, also c parallel ist. Bringt man ein solches Glimmerplättchen in die 45°-Stellung zwischen gekreuzte Nicols, so erscheint das Blaugrau erster Ordnung. Dreht man wie oben das zu untersuchende Mineralplättchen aus der mit den +Nicols parallelen Stellung in die 45°-Stellung, so wird das Gesichtsfeld heller, werden also die Farben gegen grünlich oder gelblich hinrücken, wenn durch die Drehung die kleinere Elastizitätsachse des Mineralplättchens mit der längeren Seite des Glimmeroblongs, dunkler dagegen, wenn hierdurch die größere Elastizitätsachse des Mineralplättchens mit eben dieser Seite zusammenfällt.

Ist man darüber klar, welche Lage der vorliegende Schnitt gegenüber der optischen Achse oder der optischen Achsenebene hat, was bei makroskopischen Krystallen durch Herstellung entsprechend orientierter Platten erreicht, bei Dünnschliffen mitunter durch Vergleich der optischen Erscheinungen mit der krystallographischen Umrandung möglich wird, so kann man an günstig gewählten Schnitten, also bei optisch einachsigen an solchen parallel der Hauptachse, bei zweiachsigen an solchen parallel der Achsenebene mittels der eben geschilderten Erscheinungen den optischen Charakter bestimmen, d. h. feststellen, welche Richtung der größten, welche der kleinsten optischen Elastizität entspricht.

Um gleichzeitig die eben geschilderten Farbenveränderungen und die Newtonsche Farbenskala übersehen zu können, wendet man für solche Untersuchungen mit Vorliebe einen sehr flachen Quarzkeil an. Derselbe ist aus einem Quarzkrystall in der Weise geschliffen, daß eine seiner Keilflächen der Achse des Quarzes parallel, die andere hierzu wenig geneigt ist. Um die scharfe Schneide des Keiles, die demnach auf der Achse des Quarzes senkrecht steht, zu schützen, ist der Keil auf einem Glasplättchen aufgekittet. Die Richtung senkrecht zur Schneide des Keiles ist die Richtung der kleinsten, die hierauf senkrechte, der Schneide parallele, jene der größten Elastizität im Quarz. Wird der Quarzkeil in das Mikroskop in der oben angegebenen Diagonalstellung eingeschoben, so sieht man allmählich ineinander übergehend die Farbenstreifen der Newtonschen Skala. Legt man nun auf den Objekttisch das zu untersuchende Plättchen

---

*) Vgl. Nr. 62.

ebenfalls in Diagonalstellung und zwar so, daß es nur einen Teil des vom Quarze ausgefüllten Gesichtsfeldes einnimmt, so erscheint an der Stelle des Krystallplättchens eine Interferenzfarbe, welche am Quarzkeil allein entweder erst an einer dickeren oder an einer dünneren Stelle zu sehen ist; im ersteren Falle liegt die Achse der kleineren Elastizität im Plättchen mit der kleinsten Elastizitätsachse des Quarzes parallel, im zweiten steht sie auf letzterer senkrecht.

b) Beobachtungen im konvergenten polarisierten Lichte.

61. Interferenzerscheinungen an optisch einachsigen Mineralien. Setzt man auf den Polarisator des Mikroskops die Kondensorlinse und in den Tubus die Bertrandsche, so erblickt man, wenn das

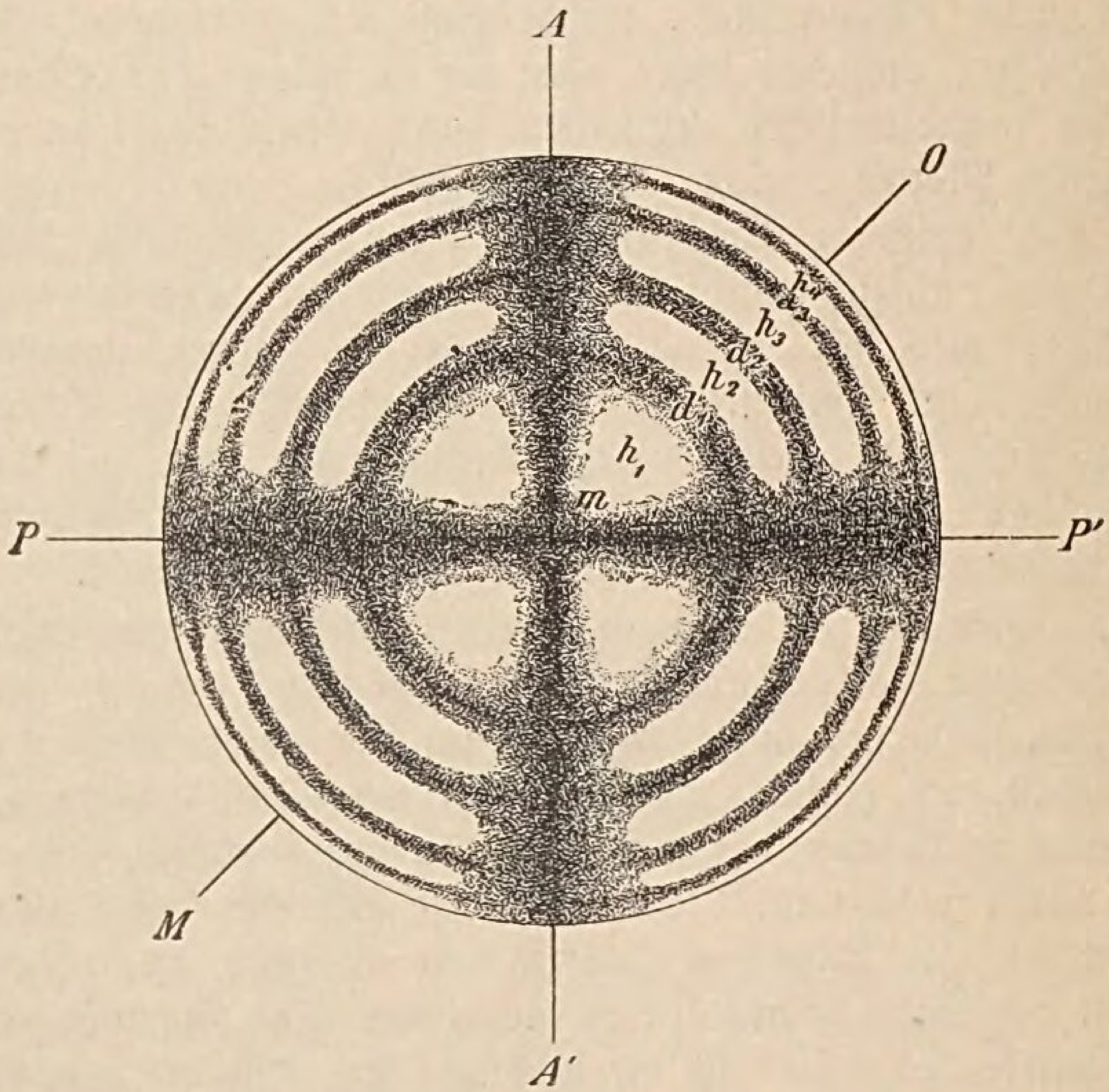


Fig. 15.

Okular entfernt worden und auf den Objekttisch eine senkrecht zur Achse geschliffene Platte eines optisch einachsigen Minerals gelegt wird, bei + Nicols ein farbiges Ringsystem (isochromatische Kurven), das von einem schwarzen kreuzförmigen Büschel durchsetzt wird; die Kreuzesarme sind den Nicolhauptschnitten parallel. (Vergl. Fig. 15.)

Stellt man die Nicols parallel, so verschieben sich die Ringe und an Stelle des dunkeln Kreuzes entsteht ein helles. Eine Drehung der Platte ändert an dieser Erscheinung nichts. Je dicker die Platte eines und desselben Minerals genommen wird, desto enger sind die isochromatischen Kurven. Gleich dicke Platten verschiedener Mineralien zeigen verschieden weit auseinander liegende Ringe und zwar stehen sie um so weiter auseinander, je schwächer doppeltbrechend das Mineral ist.

Platten parallel der optischen Achse zeigen der Achse parallele farbige Streifen. Ist die Platte gegen die Achse geneigt, so nähern sich die Streifen hyperbolisch; bei stärkerer Annäherung der Schnittfläche an die Senkrechte zur optischen Achse erblickt man dann am Rande des Gesichtsfeldes einen (verzerrten) Teil der oben geschilderten Interferenzfigur.

62. **Interferenzerscheinungen an optisch zweiachsigen Mineralien.** Die Interferenzbilder sind sehr verschieden je nach der Lage des Schnittes zu den optischen Elastizitätsachsen. Liegt der Schnitt parallel der optischen Achsenebene (also parallel a c), so erscheinen hyperbolische isochromatische Kurven, deren gegenseitige Entfernung ebenso von der Dicke der Platte und der Stärke der Doppelbrechung des Minerals abhängt, wie dies oben von einachsigen Mineralien bemerkt wurde. Schnitte senkrecht zu einer optischen Achse zeigen zwischen + Nicols ellipsoidische Farbenringe, die von einem dunkeln in der optischen Achsenebene liegenden Balken, der in der Mitte fast verschwindet, durchzogen werden. Von besonderem Werte sind die Erscheinungen an Platten, die man senkrecht zur spitzen Bisectrix geschnitten hat. Solche Platten zeigen zwei getrennte Systeme ellipsoidischer Farbenringe, die, wenn die Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden Ringsysteme parallel einem Nicolhauptschnitte ist und die Nicols gekreuzt sind, von einem dunkeln, wenn die Nicols parallel gestellt werden, von einem hellen Kreuze durchsetzt werden. Die Kreuzesarme schneiden sich genau in der Mitte zwischen den Mittelpunkten der beiden Ringsysteme. Nur die innersten Ringe sind in sich geschlossen; die entfernter stehenden umschließen die beiden Ringsysteme gemeinsam. (Vgl. die umstehende Fig. 16.) Dreht man bei + Nicols die Platte aus der ersten Stellung um 45°, so löst sich das schwarze Kreuz in zwei durch die Mittelpunkte der beiden Ringsysteme ziehende dunkle Hyperpeln auf (vgl. Fig. 17), während das Ringsystem sich mitdreht. Dickere Platten desselben Minerals zeigen zwar die Mittelpunkte beider Ringsysteme in derselben Entfernung wie dünnere, aber die Ringe sind enger und zahlreicher geworden.

Umgekehrt erweitern sie sich, wenn dünne Plättchen gewählt werden, und es können bei sehr dünnen Plättchen selbst die innersten Ringe nicht mehr getrennt sein, oder überhaupt im Gesichtsfeld nicht mehr erscheinen.

Gleich dicke Platten verschieden stark doppeltbrechender Mineralien zeigen verschieden weite Ringe und zwar weichen dieselben um so weiter auseinander, je geringer die Doppelbrechung ist. Die Distanz der Achsenpunkte wächst mit dem Achsenwinkel.

Für die einzelnen Farben des Spektrums sind die Achsenwinkel verschieden (Dispersion der Achsen). Die Achsenebenen der einzelnen Farben können zusammenfallen oder nicht. Hierdurch

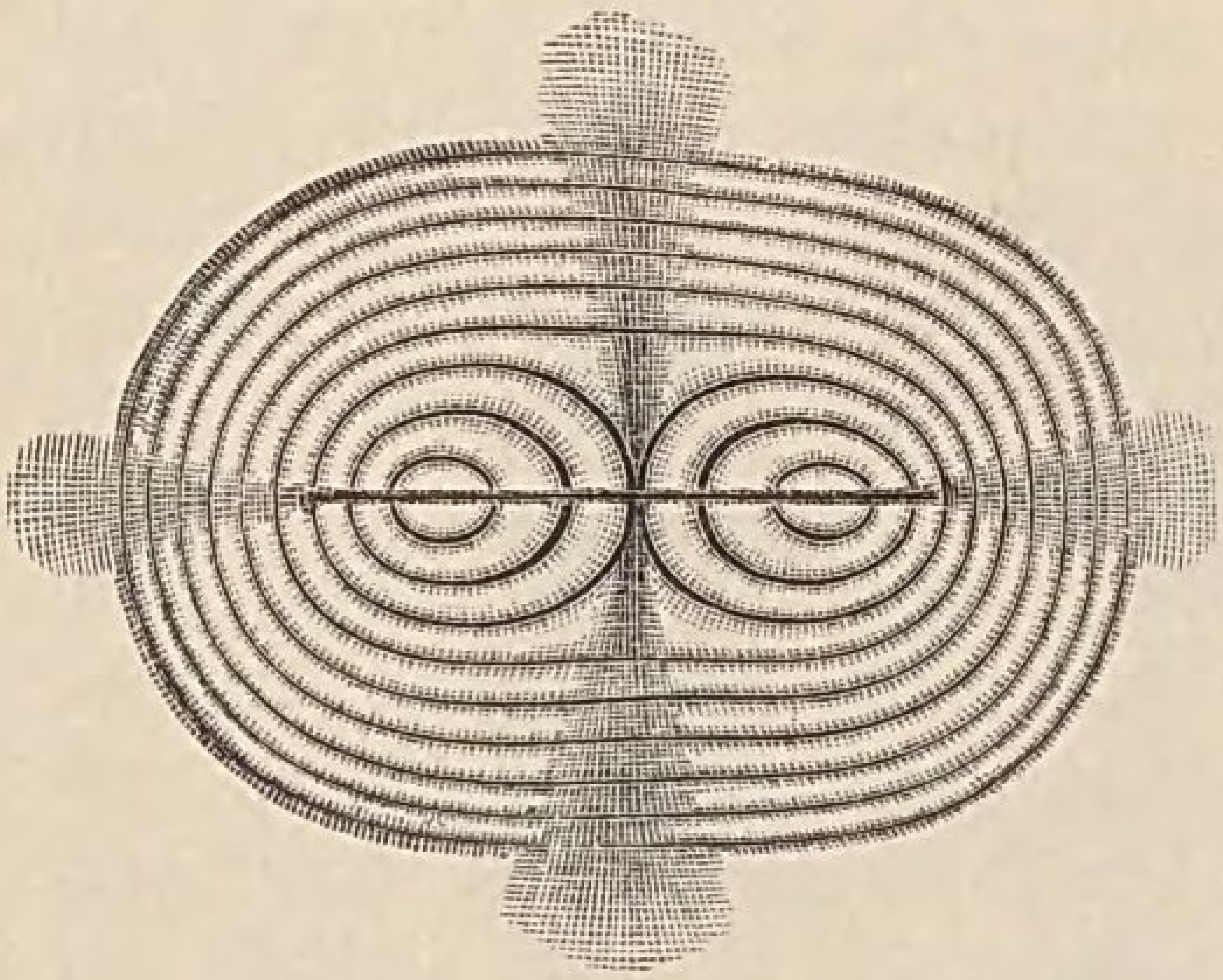


Fig. 16.

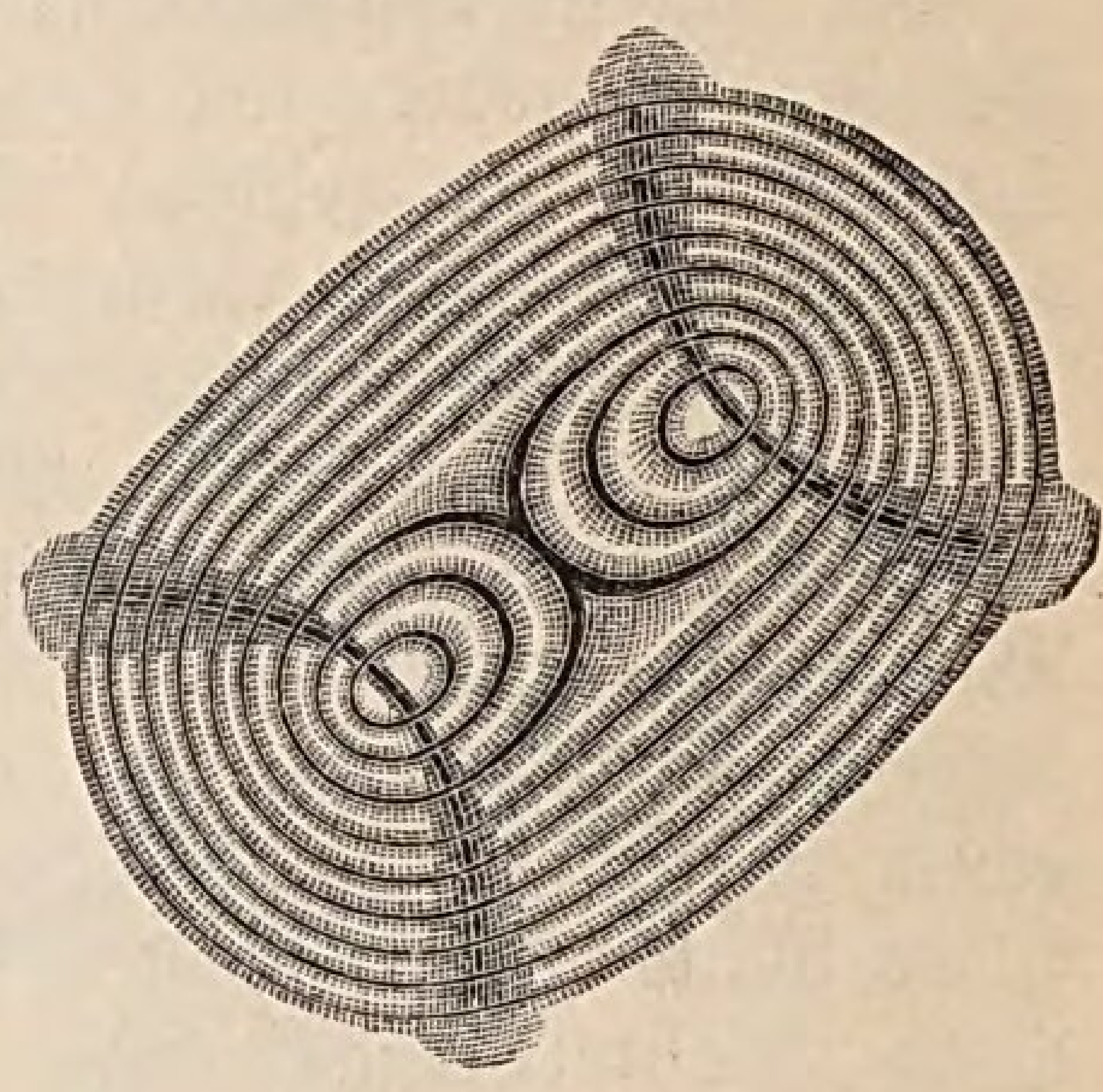


Fig. 17.

entstehen sehr charakteristische Farbenverteilungen im Achsenbilde, die, weil die optischen und krystallographischen Verhältnisse einer Substanz wesentlich zusammenhängen, zur Erkennung der letzteren dienen können. Im besonderen stimmen die Symmetrieverhältnisse der Achsenbilder und die krystallographische Symmetrie genau zusammen. Ueberblicken wir mit Rücksicht darauf die drei optisch zweiachsigen Krystallsysteme.

1. Rhombisches System. Die Achsenebenen für alle Farben fallen in eine Symmetrieebene; die Bisectrix der Achsenwinkel aller Farben fällt mit der Schnittlinie dieser Symmetrieebene und einer der beiden anderen Symmetrieebenen zusammen. Die auf die gemeinsame Bisectrix senkrecht geschnittene Platte ist also parallel

der dritten Symmetrieebene. Die Achsenwinkel der einzelnen Farben des Spektrums sind verschieden groß. Ist der Achsenwinkel für Rot kleiner als für Violett ($\varrho < v$), so zeigen die dunkeln Hyperbelarme in der Diagonalstellung des Achsenbildes an der konvexen (innen, gegen die Mitte des Gesichtsfeldes hin gerichteten) Seite einen blauen, an der konkaven Seite einen roten Saum (Beispiel: Aragonit). Ist $\varrho > v$, so kehrt sich die Erscheinung um. Im übrigen ist die Farbenverteilung so, daß beide auf der Platte senkrechtstehenden (bei Parallelstellung der Verbindungslinie der beiden Achsenpunkte mit einem Hauptschnitte der + Nicols durch das dunkle Kreuz repräsentierten) Symmetrieebenen das Achsenbild symmetrisch teilen.

2. Monoklines System. a) Die Symmetrieebene ist Achsenebene für alle Farben. Die Bisectrizen der Achsenwinkel der verschiedenen Farben müssen nicht zusammenfallen. Es halbiert daher zwar die Symmetrieebene das Achsenbild symmetrisch, nicht aber die darauf senkrechte Ebene, von welcher zu beiden Seiten die Achsenpunkte liegen. Die Farbenfolge in den Ringen von der Mitte gegen die Achsenpunkte und darüber hinaus ist nach beiden Seiten hin verschieden (sogenannte geneigte Dispersion). Beispiel: Gips.

b) Die Achsenebenen aller Farben stehen senkrecht auf der Symmetrieebene, die Bisectrizen liegen in der Symmetrieebene, müssen aber nicht zusammenfallen. Die Symmetrieebene halbiert das Achsenbild symmetrisch, nicht aber die darauf Senkrechte, welche durch die Achsenpunkte geht. Die Farbenfolge auf der einen Seite der Verbindungslinie der Achsenpunkte ist verschieden von der Farbenfolge auf der anderen Seite (sogenannte horizontale Dispersion). Beispiel: Adular.

c) Die Achsenebenen aller Farben sind senkrecht auf der Symmetrieebene, fallen aber nicht zusammen; die Bisectrix aller Farben fällt mit der Normalen auf die Symmetrieebene (der „Orthodiagonalen“) zusammen. Das Achsenbild kann durch keine Gerade symmetrisch geteilt werden. Doch findet man auf allen durch den Mittelpunkt des Achsenbildes gehenden Geraden in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte beiderseits homologe Farben („antimetrische“ Farbenverteilung, sogen. gedrehte Dispersion). Beispiel: Borax.

3. Triklines System. Dasselbe besitzt keine Symmetrieebene. Die Achsenebenen der einzelnen Farben können verschiedene Lage haben, die Bisectrizen fallen nicht in eine Ebene. Das Achsenbild

zeigt keine Symmetrie und Antimetrie (sogen. asymmetrische Dispersion). Beispiel: Oligoklas*).

63. Cirkularpolarisation. Einige Substanzen haben die Eigenart, das in sie eintretende geradlinig schwingende Licht in zwei Strahlen zu zerlegen, deren Schwingungen in einer Kurve und nach entgegengesetzter Seite hin gerichtet erfolgen. Beide Strahlen pflanzen sich mit ungleicher Geschwindigkeit fort und setzen sich nach ihrem Austritt aus der Substanz zu einem geradlinig polarisierten Strahle zusammen. Je nach der beim Durchgange erzeugten Phasendifferenz der beiden cirkular polarisierten Strahlen erscheint nun die Schwingungsebene des austretenden geradlinig polarisierten Strahles gegenüber der Ebene des eintretenden um einen bestimmten Winkel gedreht. Die Drehung ist nicht für alle Farben gleich groß; sie ist am geringsten für Rot und wächst mehr und mehr für die im Spektrum gegen Violett hin folgenden Farben. Für jede Farbe wächst der Drehungswinkel mit der Dicke der vom Licht durchsetzten Platte. Von jeder cirkular polarisierten Substanz giebt es stets zwei Modifikationen mit entgegengesetztem, aber gleich starkem Drehungsvermögen (rechts- und linksdrehende Krystalle desselben Körpers).

Von den cirkular polarisierten Substanzen hat für den Petrographen nur der Quarz ein besonderes Interesse. Betrachtet man eine senkrecht zur Achse geschliffene Platte dieses Minerals zwischen + Nicols im parallelen Lichte, so erscheint dieselbe nicht wie bei anderen optisch einachsigen Mineralien dunkel, sondern in einer Farbe. Dreht man die Platte in ihrer Ebene, so ändert sich nichts in der Erscheinung, dreht man aber den Analysator nach rechts oder links, so verändert sich die Farbe nach und nach und es folgen Farbennuancen ähnlich jenen im Spektrum des weißen Lichtes und in derselben Reihenfolge. Liegt ein rechtsdrehender Quarz vor, so folgen bei der Drehung des Analysators nach rechts (im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers) die Farben mit zunehmender Brechbarkeit: rot, orange, gelb, grün, blau, violett. Liegt ein linksdrehender Quarz vor, so erscheinen bei einer Drehung des Analysators nach rechts diese Farben in entgegengesetzter Folge, also bei einer Drehung nach links in der gleichen. Platten von Quarz parallel der Achse verhalten sich nicht verschieden von solchen

*) Sehr schöne farbige Achsenbilder zur Illustration der oben geschilderten Erscheinungen findet man in Tschermaks Lehrbuch der Mineralogie.

gewöhnlicher, optisch einachsiger Mineralien. Platten von anderer Schnittrichtung nähern sich in ihrem Verhalten um so mehr dem zuerst beschriebenen Falle, je näher diese Richtung der Senkrechten zur Achse liegt.

64. **Bestimmung des optischen Charakters.** Die Bestimmung kann auf einfache Weise nur durchgeführt werden, wenn das zu untersuchende Plättchen senkrecht zur optischen Achse oder der Bisectrix geschnitten ist.

a) Bei optisch einachsigen Mineralien. Schiebt man über dem zu untersuchenden Plättchen, welches die bekannte Interferenzfigur (Farbenringe mit schwarzem Kreuze) zeigt, das oben erwähnte $^1/_4$-Undulationsglimmerplättchen in Diagonalstellung ein, so löst sich das Kreuz in zwei Hyperbeln auf, von welchen gewöhnlich nur die Scheitel als dunkle Punkte sichtbar sind. Steht die Verbindungslinie dieser beiden Punkte auf der Längsseite der Glimmerlamelle (also auf der optischen Achsenebene des Glimmers) senkrecht, so ist das untersuchte Mineral optisch positiv; liegt diese Verbindungslinie der Längsseite des Glimmers parallel, so ist das Mineral optisch negativ.

Sehr bequem ist auch die Untersuchung mit Hilfe einer anderen einachsigen basischen Krystallplatte von bekanntem optischen Charakter, z. B. einer Calcitplatte. Calcit ist optisch negativ. Legt man auf das zu untersuchende basische Plättchen eine solche Calcitplatte und verengern sich dabei die Ringe, so ist das untersuchte Plättchen ebenfalls negativ; erweitern sie sich, so ist es positiv.

Hat man ein Gipsplättchen ganz von der Form des $^1/_4$-Undulationsglimmerplättchens, aber so dick, daß es das Rot erster Ordnung zeigt, und fügt dasselbe in der bekannten 45°-Stellung über dem zu untersuchenden Minerale des Dünnschliffpräparats so ein, daß seine Langseite von rechts oben (+Quadrant) nach links unten läuft, so erscheint das schwarze Kreuz rot und die Ringe sind in den vier Quadranten ungleich weit, und zwar sind sie, wenn das untersuchte Plättchen optisch positiv ist, in den positiven Quadranten erweitert, bei optisch negativen Platten in negativen Quadranten. Die Quadranten erscheinen abwechselnd in blauen und gelben Tönen; bei positiver Doppelbrechung des Plättchens erscheinen die positiven Quadranten blau, die negativen gelb, bei negativer Doppelbrechung umgekehrt.

b) Bei optisch zweiachsigen Mineralien. Man habe eine Platte zu prüfen, welche das Achsenbild zeigt (also senkrecht

zur spitzen Bisectrix geschliffen ist). Stellt man dieselbe so zwischen die +Nicols, daß die Achsenebene in einen Nicolhauptschnitt fällt, und schiebt in der Diagonalstellung das $^1/_4$-Undulationsglimmerplättchen ein, so erscheinen in je zwei diagonal gegenüberstehenden Quadranten des Gesichtsfeldes die Ringe erweitert, in den anderen beiden verengert, und zwar sind, wenn das untersuchte Mineral optisch positiv ist (d. h. wenn die spitze Bisectrix in die Richtung der kleinsten Elastizität fällt), die Ringe in jenen Quadranten erweitert, durch welche die Längsrichtung des Glimmerplättchens nicht geht. Gehört dagegen die zu untersuchende Platte einem optisch negativen Minerale an (d. h. fällt die Bisectrix in die Richtung der größten Elastizität), so sind die Ringe in jenen Quadranten erweitert, durch welche die Längsrichtung des Glimmerplättchens geht.

Auch das oben erwähnte Glimmerplättchen, das in der Diagonalstellung das empfindliche Rot zeigt, kann zur Bestimmung des optischen Charakters des senkrecht zur spitzen Bisectrix geschnittenen Plättchens dienen. Stellt man nämlich das letztere ebenfalls in der Diagonalstellung ein, d. h. so daß die Achsenebene 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, so wird die in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinende Farbe dieses Plättchens durch das Glimmerplättchen geändert. Tritt eine erhöhte (in der Richtung gegen die höheren Ordnungen hin verschobene) Polarisationsfarbe ein, wenn sich die Längsrichtung des Glimmerplättchens und die Achsenebene des zu untersuchenden Plättchens kreuzen, so ist das letztere optisch positiv; tritt die erhöhte Polarisationsfarbe ein, wenn beide Richtungen parallel sind, so ist das Plättchen optisch negativ.

65. **Pleochroismus.** Von besonderer Wichtigkeit für die Unterscheidung mancher sonst ähnlicher Mineralien ist eine unter dem Namen Dichroismus (richtiger Pleochroismus) bekannte Erscheinung. Es zeigen nämlich gewisse anisotrope farbige Mineralien, je nachdem man das Licht durch verschiedene Flächenpaare gehen läßt, eine verschiedene Farbe oder Farbennuancierung. Ausgezeichnete Beispiele hierfür sind der Dichroit und Turmalin. Die Erklärung dieser Erscheinung ist kurz folgende. Entsteht die Eigenfarbe eines durchsichtigen farbigen (nicht gefärbten!) Minerals überhaupt durch Absorption der einen oder anderen Farbe des eindringenden, weißen Lichtes, so ist die verschiedene Farbe des in verschiedenen Richtungen durch den Krystall gegangenen Lichtes da-

durch bedingt, daß in anderen Richtungen auch andere Farben absorbiert werden, da die Elastizität im Krystall nicht nach allen Richtungen gleich ist. Bei Beobachtung im gewöhnlichen Lichte muß man, wie oben bemerkt, die Strahlen durch verschiedene Flächenpaare gehen lassen, da nur dadurch die Schwingungen in Richtungen verschiedener Elastizität erfolgen können. Hat man dagegen polarisiertes Licht, d. h. in einer Ebene schwingendes Licht, so genügt es offenbar, um denselben Zweck zu erreichen, diese Ebene zu drehen.

Um daher ein Mineral im Dünnschliff auf seinen Dichroismus zu prüfen, merke man sich die Farbe, welche es nach Wegnahme des Analysators unter dem Mikroskope zeigt, und drehe sodann den Polarisator um 90° (oder auch bei festem Polarisator den Schliff in der Horizontalebene). Die Lichtschwingungen erfolgen nun in einer Richtung, deren Elastizität am meisten von der der ursprünglichen Schwingungsrichtung abweicht; es muß daher, wenn das Mineral überhaupt dichroitisch ist, in dieser zweiten Stellung die Farbe am meisten von der zuerst beobachteten differieren.

66. **Uebersicht der optischen Unterscheidungsmerkmale der Krystallsysteme.** Wir geben hier nach Rosenbusch eine Zusammenfassung der Unterscheidungsmerkmale der Krystallsysteme nach den optischen Verhältnissen, welche an Dünnschliffmineralien im Mikroskope beobachtet werden können.

I. Die Substanz hat in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche optische Orientierung, oder die optisch verschieden orientierten Teile sind geradlinig gegeneinander abgegrenzt (Zwillinge) homogen und einheitlich.
   1. Alle Durchschnitte derselben Substanz bleiben bei einer vollen Drehung zwischen + Nicols im parallelen Lichte dunkel und geben im konvergenten Lichte keine Interferenzfigur . isotrop.
      a) Es fehlt jede stelbständige Formenausbildung und jede Spaltbarkeit . . . . amorph.
      b) Selbständige Formenausbildung, bezw. Spaltbarkeit ist vorhanden . . . . tesseral.
   2. Die Durchschnitte zeigen im allgemeinen zwischen + Nicols eine Interferenzfarbe und werden bei einer vollen Drehung viermal in Winkelabständen von 90° dunkel. Die in jeder Lage dunkel bleibenden Durchschnitte zeigen das Interferenzbild einachsiger Körper . anisotrop, optisch einachsig.

a) Die das Interferenzbild der einachsigen Körper zeigenden Durchschnitte sind quadratisch (oktogonal) oder zeigen sich rechtwinkelig schneidende Spaltrisse . . . . . tetragonal.

b) Die das Achsenbild gebenden Durchschnitte zeigen hexagonale, trigonale oder neunseitige Begrenzung bez. drei Systeme von Spaltrissen, die sich unter 60° schneiden . hexagonal.

3. Die Durchschnitte zeigen im allgemeinen zwischen + Nicols eine Interferenzfarbe und werden bei einer vollen Drehung viermal in Winkelabständen von 90° dunkel. Es giebt keine in jeder Lage dunkel bleibenden Schnitte. Die keine Interferenzfarbe, sondern in jeder Lage gleichmäßige Helle zeigenden Schnitte lassen im konvergenten Lichte den Austritt einer optischen Achse erkennen . anisotrop, optisch zweiachsig.

a) Die Schnitte der drei Hauptzonen sind nach Umrissen und Spaltbarkeit symmetrisch und die Auslöschungen liegen zu den Symmetrierichtungen parallel und senkrecht . rhombisch.

b) Nur in einer Zone sind die Umrisse und Spaltbarkeit symmetrisch und nur in dieser Zone liegen die Auslöschungen zu den Symmetrierichtungen parallel und senkrecht . . . . monoklin.

c) In allen Zonen sind die Umrisse, Spaltbarkeiten und Auslöschungen unsymmetrisch . . . . triklin.

II. Verschiedene Teile derselben Substanz zeigen ein verschiedenes optisches Verhalten und die einzelnen Teile sind nicht gesetzmäßig gegeneinander begrenzt oder optisch orientiert . . Aggregate.

3. Chemische Eigenschaften.

67. **Mikrochemie.** In manchen Fällen reichen die optischen Eigenschaften in Verbindung mit den morphologischen nicht aus, um die Natur eines Gemengteiles mit Sicherheit festzustellen. So z. B. bei undurchsichtigen Körpern ohne bestimmte Krystallform, oder wenn Mineralien in ihren morphologischen und optischen Eigenschaften sehr ähnlich sind (Nephelin, Apatit). Hier leisten chemische Reaktionen mitunter ausgezeichnete Dienste. Besonders sind es die Löslichkeitsverhältnisse, welche gut verwertet werden können. Zum Zwecke einer chemischen Probe wird der unbedeckte Schliff unter dem Mikroskope mit Reagentien, welche mit Hilfe einer feinen Pipette aufgetragen werden,

behandelt*). Löslichkeitsverhältnisse, Entwicklung von Gasen, gelatinierende Niederschläge u. dergl. lassen sich so sehr bequem beobachten; die Lösungen können auch mit der Pipette entfernt, in ein Uhrschälchen gebracht und dort weiter geprüft werden. Oder man untersucht das feine Gesteinspulver, welches passend in Kanadabalsam eingerührt wird, unter dem Mikroskope; eine andere Portion des Pulvers wird mit Säuren behandelt, gewaschen, getrocknet und in gleicher Weise untersucht. Der Vergleich beider lehrt die löslichen Bestandteile kennen**).

68. **Mikroskopische Umwandlungsvorgänge.** Von besonderem Werte ist die mikroskopische Untersuchung für die Verfolgung chemischer Umwandlungsvorgänge in den Gesteinen. Was sich makroskopisch erst nach weitem Umsichgreifen, oft erst nach vollständiger Zerstörung der ursprünglichen Masse offenbart, läßt sich mit Hilfe des Mikroskops in allen seinen Zwischenstadien beobachten, ein Umstand, der mit Rücksicht auf seine geologische Bedeutung täglich wichtiger wird. Als Beispiele solcher Umwandlungen mögen hier erwähnt werden die Veränderung des Feldspats zu Kaolin, welcher als mehlartige trübe Masse entweder vollständig an Stelle des ursprünglichen Minerals getreten ist, oder dasselbe in begrenzten Flecken erfüllt, ferner die Uebergänge von Magneteisen in braunen Eisenocker, die Zersetzung des Olivin zu Serpentin und noch viele andere. Wir werden die wichtigsten Umwandlungen bei der Besprechung der einzelnen gesteinsbildenden Mineralien erwähnen.

b) Mikroskopische Beschreibung der wichtigsten Gemengteile.

Im folgenden sind die wichtigsten als Gesteinsgemengteile vorkommenden Mineralien in der Ordnung, wie sie in den Elementen der Mineralogie von Naumann-Zirkel aufgezählt sind, mikroskopisch charakterisiert. Die dem Mineralnamen beigefügten römischen Zahlen bedeuten: I = tesserales Krystallsystem, II = tetragonales, III = rhombisches, IV = monoklines, V = triklines, VI = hexagonales. G = Spezifisches Gewicht, H = Härte. Die an die Angaben über die optischen Verhältnisse angefügte, in Klammern

*) Dabei empfiehlt sich die Vorsicht, das Objektiv des Mikroskops mit einem dünnen Glasplättchen gegen die Einwirkung etwa sich entwickelnder ätzender Gase zu schützen.

**) Vgl. Haushofer, „Mikroskopische Reaktionen“. Braunschweig 1885.

gesetzte Zahl giebt ein Bild des Brechungsvermögens und zwar bedeutet [1] = Brechungsexponent (mittlerer) unter 1,5

[2] =	„	zwischen	1,5	und	1,6
[3] =	„	„	1,6	„	1,7
[4] =	„	„	1,7	„	1,8
[5] =	„	„	1,8	„	1,9
[6] =	„	„	1,9	„	2,0
[7] =	„	über	2,0.		

Da für die Höhe der Interferenzfarbe bei doppeltbrechenden Medien nicht bloß die Größe der Brechungsexponenten überhaupt, sondern auch die Differenz der Brechungsexponenten des im Krystall sich am langsamsten und am schnellsten fortpflanzenden Strahles maßgebend ist, indem nämlich die Interferenzfarbe mit der Stärke der Doppelbrechung, d. i. mit dieser Differenz, steigt, so erscheint auch eine diesbezügliche Angabe wünschenswert. Sie findet sich am Schlusse der Angaben über die optischen Verhältnisse in der an das Wort „Differenz" angefügten Zahl. Dieselbe schwankt zwischen 0,001 (Leucit) und 0,287 (Rutil).

I. Klasse: Elemente.

69. Von den Elementen tritt etwa mit Ausnahme von **Schwefel** III, der in manchen Gesteinen accessorisch sich findet, und des **Graphits** VI keines als gesteinsbildender Gemengteil auf. Der Graphit kommt meist in Form feiner Schüppchen oder als feinster Staub in manchen Gesteinen, so besonders in den jüngern krystallinen Schiefern (Phyllit, Glimmerschiefer, seltener im Gneis) vor. Er ist undurchsichtig, im auffallenden Lichte metallisch glänzend und kann leicht mit Erzen verwechselt werden.

II. Klasse: Schwefelverbindungen.

70. Auch von den Mineralien dieser Klasse findet sich nur **Pyrit** (Eisenkies, Schwefelkies) I, Doppelschwefeleisen, H = 6, G = 4,9, in manchen krystallinen Gesteinen eingesprengt Im durchfallenden Lichte ist er undurchsichtig, schwarz, ähnlich dem Magnetit, von dem er aber im auffallenden Lichte leicht durch seine messinggelbe Farbe unterschieden werden kann.

III. Klasse: Oxyde.

71. **Eisenglanz** (Hämatit) VI. Eisenoxyd, H = 5 . . . 6, G = 5,19 . . . 5,28. Erscheint in opaken, sechsseitigen oder schmal

leistenförmigen Durchschnitten, manchmal in unregelmäßigen Fetzen und Körnern und kann dann von Magnetit durch das Mikroskop allein nicht unterschieden werden. Er ist in Salzsäure nur schwierig löslich.

Als eigene Gebirgsart tritt er vereint mit Quarz im Itabirit auf. Sonst findet er sich weit verbreitet in Graniten, Porphyriten und anderen Eruptivgesteinen, im Gneis und den übrigen krystallinen Schiefern.

Die Varietät Eisenglimmer (dichroitisch und stark doppeltbrechend, [6]) wird in kleinen Blättchen gelb oder cochenillerot durchscheinend und findet sich in Quarzporphyren, Andesiten und Trachyten.

72. **Titaneisenerz** (Ilmenit) VI. Eisenoxyd und Titanoxyd, H = 5 . . . 6, G = 4,56 . . . 5,21. Gleicht vollständig dem vorigen und kann meist nur durch den Nachweis des Titan davon unterschieden werden. Oft in eine matte, grauweiße Masse (Leukoxen, Titanomorphit) umgewandelt, welche wesentlich aus Titanit (oft mit Rutil gemischt) besteht.

73. **Quarz** VI. Kieselsäure-Anhydrid, H = 7, G = 2,5 . . . 2,8. Doppelbrechung positiv. Cirkularpolarisierend, [2], Differenz 0,009. Er gehört zu den häufigsten Gemengteilen der Gesteine und tritt in denselben teils in undeutlich hexagonal umgrenzten Krystallen, teils in Körnern und derben Massen auf. In ersterer Form häufig in Felsitporphyren, Quarztrachyten, Pechsteinen, in letzterer in Granit, Gneis, Glimmerschiefer und vielen andern krystallinen und klastischen Gesteinen. Wasserhell, selten getrübt oder durch Pigmente gefärbt; er zeigt nie Spaltungsrichtungen, wohl aber zuweilen unregelmäßige Sprünge, und ist stets ohne Spur von Zersetzung. Zwischen den Nicols zeigt er trotz seiner schwachen Doppelbrechung recht lebhafte Interferenzfarben, wobei bemerkenswert ist, daß oft ein im gewöhnlichen Lichte einfach aussehendes Korn aus mehreren Körnern, welche die verschiedensten Farben und häufig einen anders gefärbten Saum zeigen, zusammengesetzt erscheint. Zu beachten ist auch, daß infolge der Cirkularpolarisation, die dem Quarze eigen ist, die Schnitte senkrecht zu c zwischen + Nicols in keiner Stellung vollkommen dunkel werden. Bei Schnitten parallel der Hauptachse tritt natürlich Dunkelheit ein, wenn ein Nicolhauptschnitt parallel, der andere senkrecht zu dieser steht. Liquide Einschlüsse mit Bläschen (flüssige Kohlensäure, Wasser, Salzlösungen)

enthalten besonders zahlreich die Quarze der Granite und krystallinen Schiefergesteine, seltener sind Glaseinschlüsse. Diese fehlen den Quarzen des Granits und Syenits (wie es scheint) vollständig, lassen sich dagegen in den Porphyren bereits beobachten und treten in den Quarzen der Trachyte am häufigsten auf. Für die liquiden Einschlüsse gilt die umgekehrte Reihenfolge. — Außer diesen finden sich lange spießige Mikrolithen, dunkle haarähnliche (Rutil?) Gebilde, und manchmal Teile der Grundmasse (bei Porphyren und Trachyten) eingeschlossen. Quarz tritt in vielen Gesteinen als metasomatische Neubildung auf.

Sein Vorkommen wurde bereits oben erwähnt.

74. **Tridymit** IV (?). Kieselsäure, H = 7, G = 2,28 ... 2,32. Dieses vorherrschend in jüngeren Eruptivgesteinen nachgewiesene Mineral erscheint in dünnen hexagonalen Blättchen, welche gewöhnlich zu sehr charakteristischen, dachziegelförmig sich deckenden Aggregaten vereinigt sind (vergl. Fig. 18) und mikroskopische Hohlräume ausfüllen. Er ist stets farblos und wirkt auf polarisiertes Licht nicht oder nur ganz schwach.

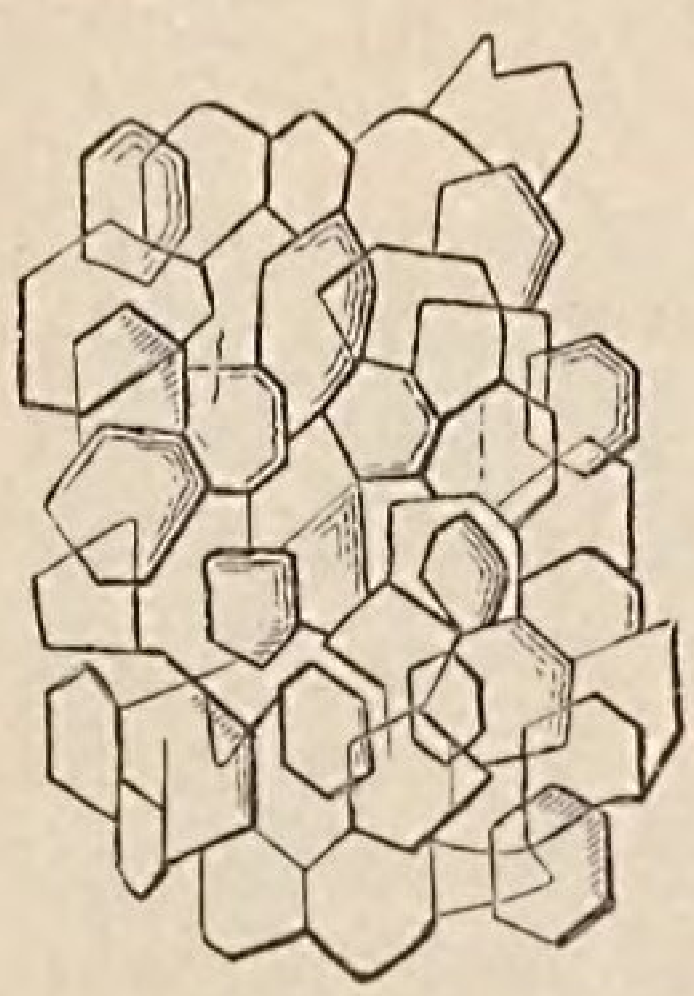


Fig. 18.

Er findet sich in Trachyten, Andesiten und wurde in neuerer Zeit auch in Porphyriten entdekt.

75. **Zirkon** II. Zirkonsäure und Kieselsäure, H = 7,5, G = 4,4 ... 4,7. Doppelbrechung positiv, stark, [6], Differenz 0,062. Meist in farblosen, bis gelblichen mit lebhaften Interferenzfarben aufleuchtenden winzigen Säulchen. Viel verbreitet in den Eruptivgesteinen (besonders in den ältern) sowie in den krystallinen Schiefern. Leicht mit Rutil zu verwechseln.

76. **Rutil** II. Titansäure-Anhydrid, H = 6 ... 6,5, G = 4,2 ... 4,3. Doppelbrechung positiv, stark, [7], Differenz 0,287. Häufig in farblosen bis gelblichen winzigen Prismen, welche sehr lebhafte Polarisationsfarben zeigen. Knieförmig gebogene Zwillinge nicht selten. Oft in netzförmig verwachsenen Gruppen (Sagenit). Zuweilen in Titanit (Leukoxen, Titanamorphit) und Titaneisen übergehend. Er kommt auch in Körnerform vor. Viel verbreitet in Eruptiv- und besonders in den Schiefergesteinen. Die sog. Thonschiefer-Nädelchen sind der Hauptmasse nach Rutil.

77. **Opal** (Amorphes Kieselsäurehydrat), H = 5,5 ... 6,5, G = 1,9 ... 2,3, kommt in manchen Trachyten und Andesiten als sekundäres Infiltrationsprodukt in schmutzig grünlichen oder milchweißen Massen vor, die natürlich keine Polarisationserscheinungen zeigen. Er enthält häufig Quarz, Tridymit, Hämatit 2c. eingeschlossen.

78. **Magnetit** (Magneteisenerz) I. Eisenoxydoxydul. H = 5,5; G = 4,9 ... 5,2. Ist einer der häufigsten wesentlichen und accessorischen Gemengteile der Eruptiv- und Schiefergesteine. Man findet ihn in Form von schwarzen, undurchsichtigen, im auffallenden Lichte blauschwarz glänzenden Körnern oder Krystallen von quadratischem oder rhombischem Durchschnitte. Häufig sind die

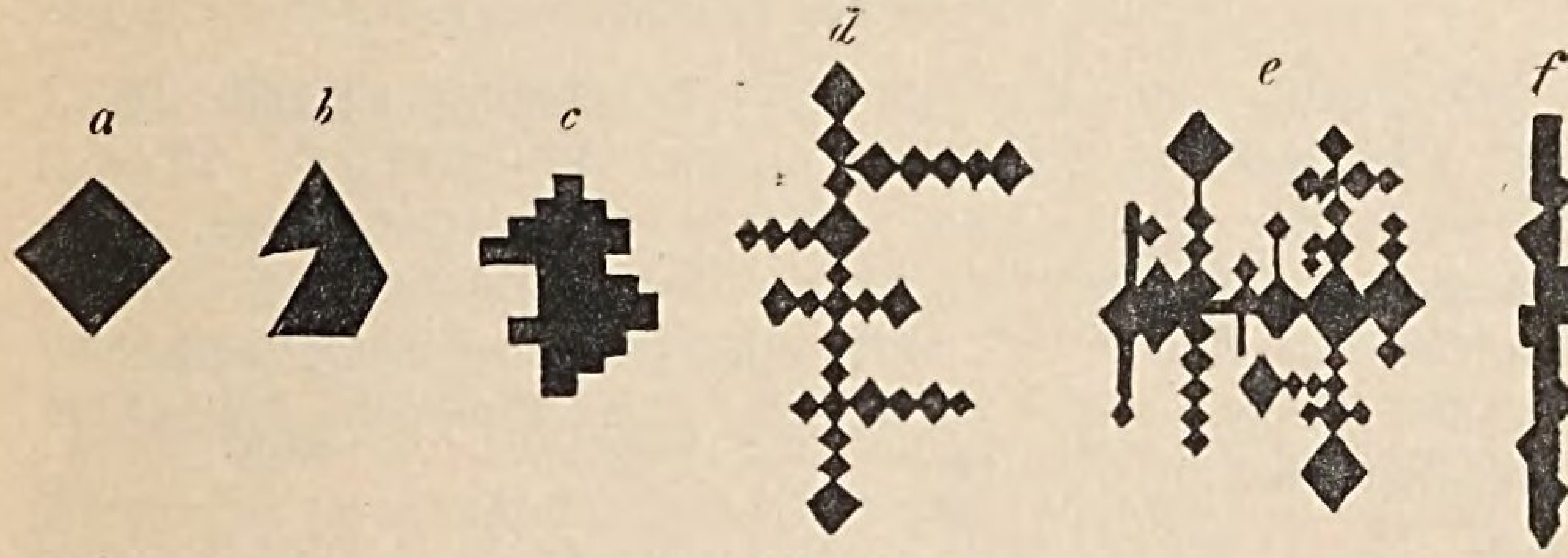


Fig. 19.

Individuen zu Zwillingen verwachsen oder ihrer viele in langen Schnüren vereint oder selbst zu zierlichen Gruppen (Fig. 19 a—f) verbunden. In Körnerform findet er sich oft als Umrandung (vergl. Fig. 31 S. 79) von Augit- und Hornblende- oder Glimmerkrystallen, welche, wie es scheint, zuweilen vollständig von ihm verdrängt wurden, so daß nur mehr ein Aggregat von Magnetitkörnern übrig bleibt, welches die Umrisse des ursprünglichen Krystalls zeigt. Durch den Einfluß des Wassers geht der Magnetit in Eisenoxydhydrat (Brauneisenstein) über, welches ihn als rotbrauner, undurchsichtiger, verwaschener Hof umgiebt. Auch Verwachsungen mit Rutil kommen vor.

Zur Unterscheidung von Titaneisen, Eisenglanz nnd Chromit benützt man seine Löslichkeit in Salzsäure.

79. **Chromit** (Chromeisenerz) I. Chromoxyd (auch Thonerde) und Eisenoxydul. H = 5,5, G = 4,4 ... 4,6. Gleicht vollständig dem Magnetit und ist von diesem meist nur auf chemischem

Wege durch seine Schwerlöslichkeit in Salzsäure zu unterscheiden. In sehr dünnen Schliffen wird er durchscheinend und kann dann leicht mit Picotit (Chromspinell) verwechselt werden.

Häufig im Serpentin.

Sehr oft findet sich in Gesteinen amorphes Eisenoxyd oder -oxydhydrat, welches in unbestimmt begrenzten, braunroten oder gelblichen Partikeln vorkommt und seiner Natur nach nicht genau bestimmt ist. Solche Bildungen werden wohl auch als „Ferrit“ zusammengefaßt, während alle opaken, schwarzen Körnchen und Schüppchen, welche nicht sicher als Magnetit, Chromit, Titaneisenerz oder ein anderes Mineral erkannt werden können, mit dem Namem „Opacit“ bezeichnet werden.

IV. Klasse: Haloidsalze.

80. Aus dieser Klasse ist nur das **Kochsalz** (Steinsalz) I als gesteinbildendes Mineral zu nennen. Chlornatrium. H = 2, G = 2,1 . . . 2,2. Mikroskopisch wurde es nur wegen seiner interessanten Flüssigkeitseinschlüsse untersucht. Als Gemengteil anderer Gesteine tritt es nicht auf, wenn man von jenen winzigen Kochsalzwürfeln absieht, welche sich zuweilen ausgeschieden in Flüssigkeitseinschlüssen finden.

V. Klasse: Sauerstoffsalze.

a) Karbonate, Sulphate und Phosphate.

81. **Kalkspat** (Calcit) VI. Calciumkarbonat. H = 3, G = 2,6 . . . 2,8. Doppelbrechung negativ, [3], Diff. 0,172. Der Calcit tritt sowohl als selbständiges gesteinbildendes Mineral auf, wie auch als sekundäres Zersetzungs- und Infiltrationsprodukt in krystallinen Gesteinen. Mikroskopisches Interesse hat nur dieses letztere Vorkommen. Hier erscheint er selten in deutlichen Krystallen, meist in abgerundeten Körnern, in der Regel als Ausfüllung kapillarer Spalten oder anderer Hohlräume (Mandeln). Er ist farblos, stark doppeltbrechend ohne besonders hervortretende Interferenzfarben; die Körner sind in der Regel von schiefen Spalten, entsprechend der rhomboedrischen Spaltbarkeit, durchzogen. Zwischen den Nicols beobachtet man meist eine polysynthetische Zwillingsbildung, welche sich durch parallele helle und dunkle Streifen kennzeichnet (vgl. Fig. 44 S. 113). Wo der Calcit in sehr feiner Verteilung im Gestein vorkommt, ist er durch das Mikroskop meist nicht nachzuweisen; in diesem Falle erkennt man ihn leicht

an dem nach dem Befeuchten des Dünnschliffes mit Salzsäure entstehenden Brausen.

82. **Dolomit** VI. (Braunspat, wenn eisenhaltig) Calcium-Magnesiumkarbonat, H = 3,5 . . . 4,5, G = 2,85 . . . 2,95. Gleicht vollständig dem Calcit und ist schwer von ihm zu unterscheiden. In Salzsäure ist er schwer löslich. Als sekundäres Produkt kommt er nicht selten in den krystallinen Schiefern und zwar meist in schön entwickelten Rhomboedern vor*). Außerdem setzt er bekanntlich das Dolomitgestein zusammen.

Auch die verwandten Mineralien wie Ankerit VI, Calciumeisenkarbonat, Magnesit VI, Magnesiumkarbonat und Breunerit VI, Magnesiumeisenkarbonat, kommen zuweilen besonders in Talkschiefern und anderen krystallinen Schiefern accessorisch vor.

83. **Eisenspat** (Siderit, Spateisenstein) VI. Eisenkarbonat, H = 3,5 . . . 4,5, G = 3,7 . . . 3,9. In Rhomboedern krystallisierend, gelblich bis bräunlich, frisch glas- bis perlmutterglänzend, leicht zu braunem Eisenoxydhydrat verwitternd. Selbständig als Gestein und sekundär als Verwitterungsprodukt.

84. **Gips** IV. Wasserhaltiges Calciumsulphat, H = 1,5 . . . 2, G = 2,2 . . . 2,4. Farblos, Doppelbrechung negativ. Die optischen Achsen liegen in der klinodiagonalen Spaltungsebene (010). Die Bisectrix liegt im stumpfen Winkel der vertikalen und klinodiagonalen Achse, [2], Differenz 0,009.

Als Gestein weit verbreitet.

85. **Apatit** VI. Phosphorsaurer Kalk mit Chlor und Fluor. H = 5, G = 3,16 . . . . 3,22. Doppelbrechung negativ. Dichroismus oft bedeutend, [3], Differenz 0,004. Kommt in langen, dünnen Nadeln meist von sehr geringer Größe und gewöhnlich als Einschluß in anderen Mineralien vor. Die Durchschnitte parallel c sind lange, manchmal quergegliederte Rechtecke, jene senkrecht zu c Hexagone, gewöhnlich mit scharfen Konturen. Er ist farblos, oder schwach gelblich; an größeren Individuen beobachtet man zuweilen eine eigentümliche staubartige Trübung, welche von winzigen Einschlüssen herrührt. Besonders in dieser letzteren Form ist er schwer

---

*) Es mag hier hervorgehoben werden, daß der Dolomitspat mit Vorliebe im Grundrhomboeder R krystallisiert, während dieses Rhomboeder bei Kalkspat zwar als Spaltungsprodukt leicht zu erhalten ist, als Krystall jedoch selten vorkommt.

von Nephelin, welcher dieselben Durchschnitte und ähnliche Mikrostruktur zeigt, zu unterscheiden. Doch dient der Mangel an Absorption des Lichtes beim Drehen des Polarisators bei Nephelin, welche der Apatit in sehr merklicher Weise aufweist, zur Erkennung. Zur sicheren Unterscheidung benutzt man ihr chemisches Verhalten. Apatit löst sich in Säuren, Nephelin gelatiniert und wird trüb. Zum Nachweis der Phosphorsäure versetzt man die salpetersaure Lösung des Apatits mit einer Lösung des molybdänsauren Ammon in Salpetersäure im Ueberschuß, wobei sich bei Gegenwart von Phosphorsäure ein gelber körniger Niederschlag abscheidet.

Der Apatit findet sich fast in allen krystallinischen gemengten Gesteinen, jedoch meist in untergeordneter Menge.

b) Silikate.

1. Andalusitgruppe.

86. **Andalusit** III. Aluminiumsilikat. H = 7 . . . 7,5, G = 3,10 . . . 3,17, Doppelbrechung negativ, schwach; a = c, b = b, c = a, also die Achsenebene im brachydiagonalen Hauptschnitt (010); stark trichroitisch, a rosarot, b ölgrün, c olivengrün (vgl. Fig. 20) [3], Diff. 0,011. Durchschnitte nahe quadratisch, rhombisch, wenn der Schnitt die Vertikalachse schief getroffen hat, oder rechteckig; grau, grün, rot, selten gut durchsichtig, meist trüb infolge faseriger Struktur. Zwischen den Nicols zeigt er schwache Interferenzfarben. Einschlüsse sind selten.

In den krystallinischen Schiefern und vor allem in den metamorphen Kontaktschiefern.

Der Chiastolit unterscheidet sich von dem vorigen durch seine regelmäßig angeordneten Kohlenteilchen.

87. **Disthen** (Cyanit, Rhäticit) V. Aluminiumsilikat. H = 5 . . . 7, G = 3,48 . . . 3,68. Doppelbrechung negativ. Achsenebene fast senkrecht auf M (100), ungefähr 30° gegen die Vertikalachse geneigt, Bisectrix fast senkrecht auf M (vgl. Fig. 21), $\varrho > v$, [4], Diff. 0,016. Kommt häufig in krystallinischen Schiefern in langleistenförmigen, schiefrhombischen oder rundlichen Durchschnitten vor. Die Spaltbarkeit nach den Pinakoiden erkennt man an scharfen Längs- und dazu fast senkrechten Querrissen. Farblos, selten bläulich, durchsichtig, ziemlich lebhafte Interferenzfarben, meist ohne Einschlüsse.

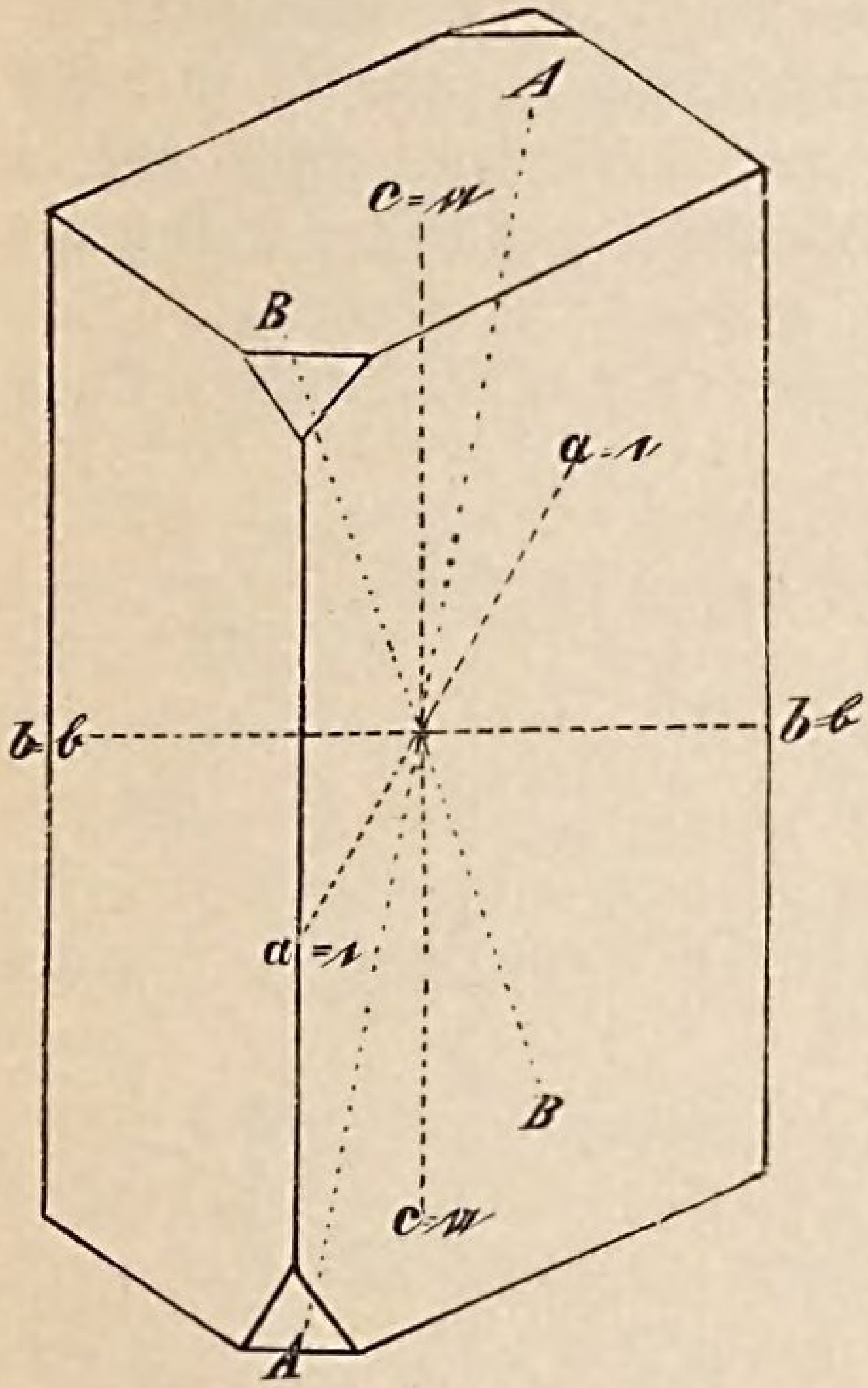


Fig. 20.

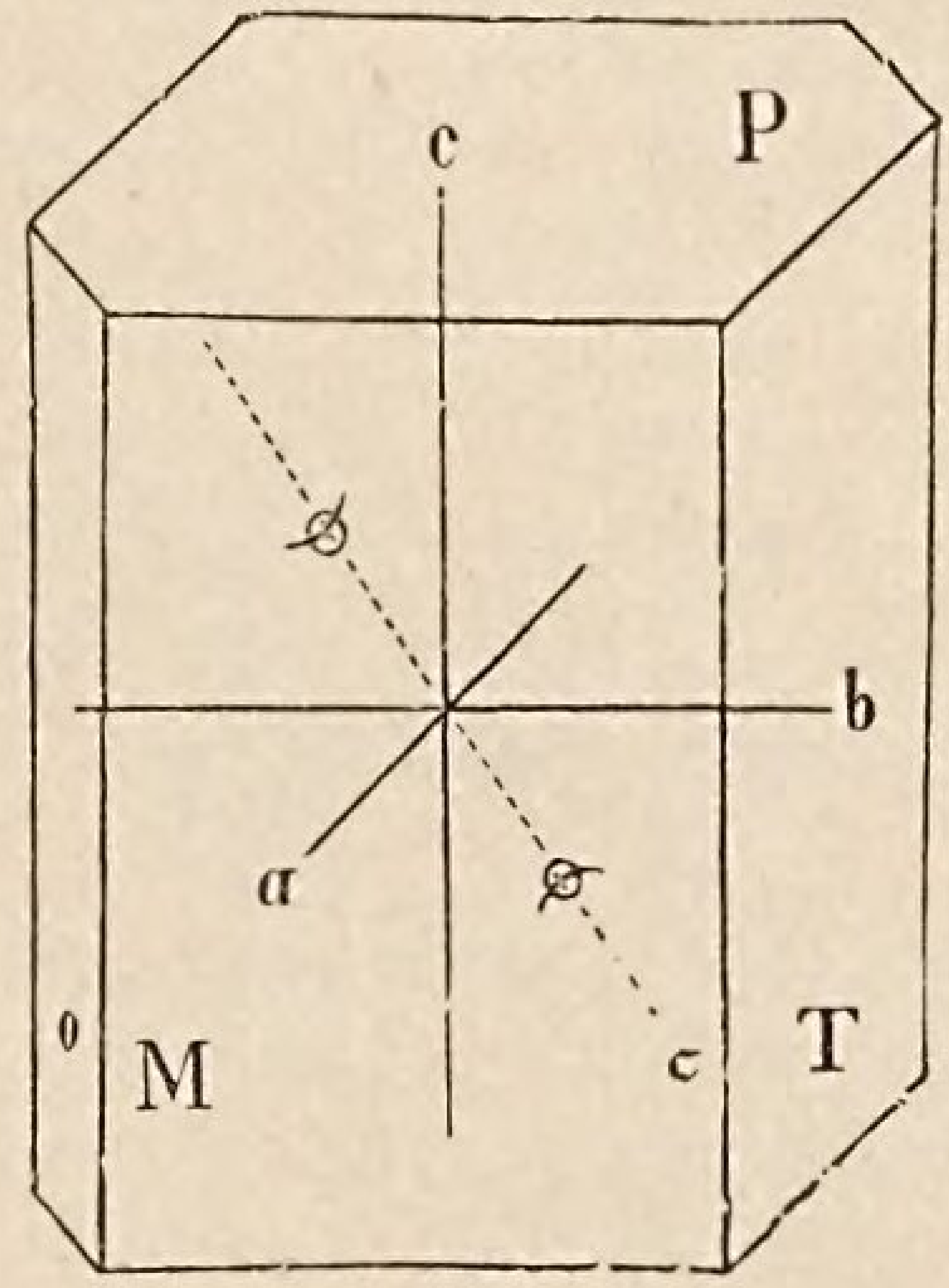


Fig. 21.

88. **Staurolit** III. Wasserhaltiges Thonerde-Eisen-Magnesiasilikat. H = 7 ... 7,5, G = 3,34 ... 3,77. Doppelbrechung positiv, die optische Achsenebene liegt im makrodiagonalen Hauptschnitt, a = b, b = a, c = c, deutlich pleochroitisch, c dunkelbraun, a und b lichtgelb. (Vgl. die umstehende Fig. 22.) $\varrho > v$, [4], Diff. 0,010. Zeigt im Durchschnitte rechteckige, rhombische oder auch sechseckige Formen; manchmal findet man ihn auch in stengeligen, undeutlich entwickelten Individuen. Seine Farbe ist gelb oder braun; häufig zeigt er Zwillinge, welche, wenn sie sich rechtwinklig kreuzen, am besten ohne Analysator durch Drehen des Polarisators (bei Untersuchung auf den Dichroismus) erkannt werden können. Er ist an Einschlüssen, besonders von Quarz, und grünen bis schwarzen Zersetzungsprodukten reich. Säuren greifen ihn nicht an.

Er findet sich accessorisch in Gneisen, Glimmer- und Thonschiefern.

2. Turmalingruppe.

89. **Turmalin** VI. Chemische Zusammensetzung sehr kompliziert (Kieselsäure, Phosphorsäure, Borsäure, Thonerde, Chromoxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Lithium,

Fluor, Wasser) H = 7 ... 7,5, G = 2,94 .. 3,24. Doppelbrechung negativ, Dichroismus stark, a lichtgraulichblau, c schwarz, [3], Diff. 0,020. Erscheint in scharf begrenzten Krystallen, meist aber in Nadeln und büscheligen Aggregaten. Die Durchschnitte sind leistenförmig oder polygonal, erstere oft gebogen und gegliedert. Seine Farben sind grün, braun bis schwarz; die leistenförmigen Durch-

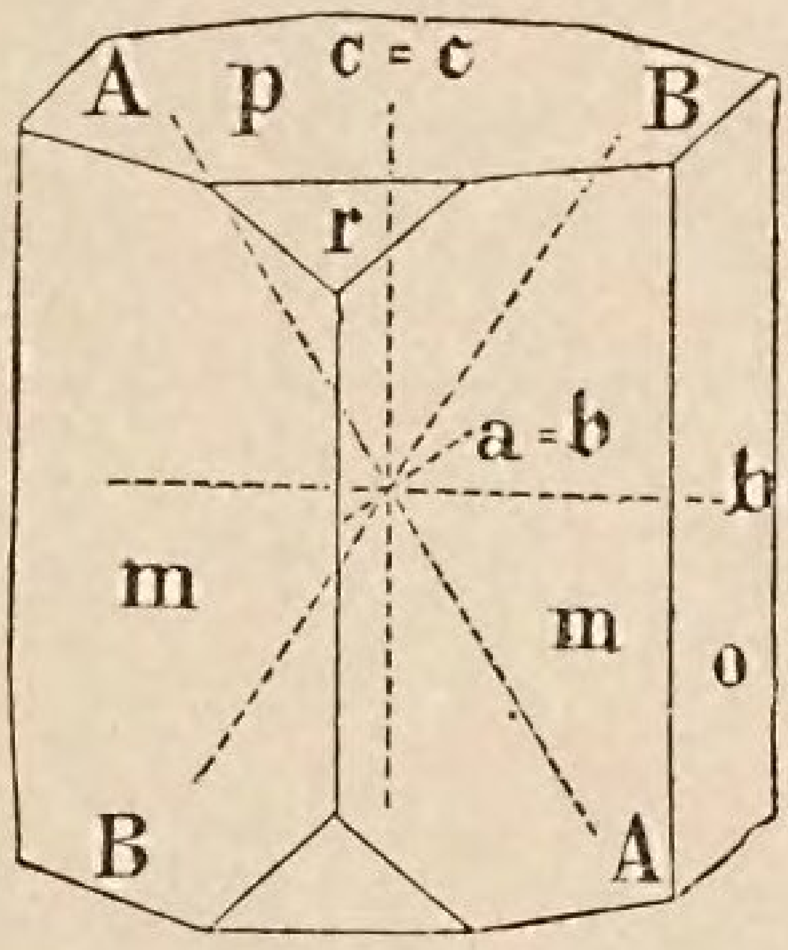


Fig. 22.

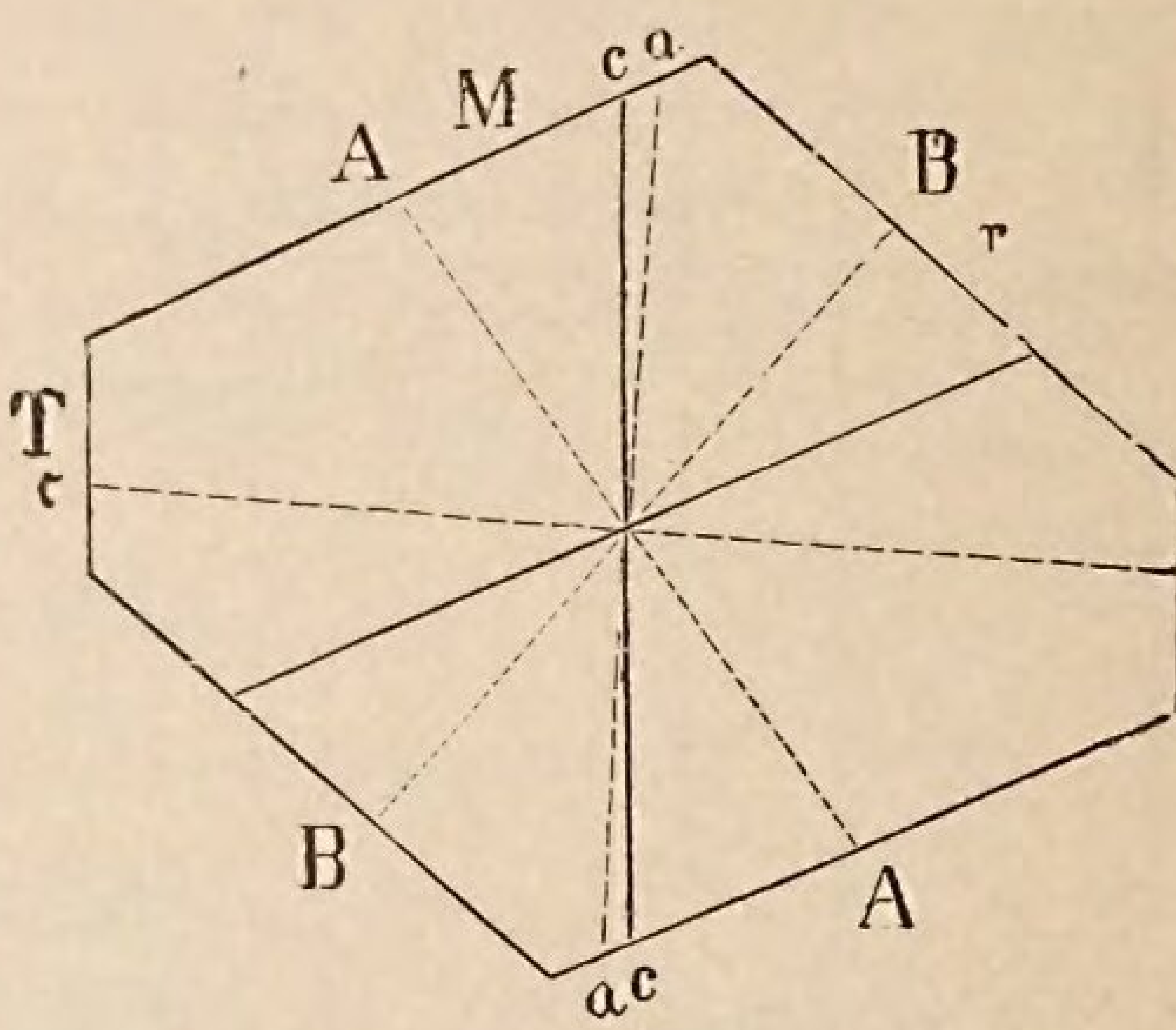


Fig. 23.

schnitte zeigen starke Absorption, so daß sie fast schwarz erscheinen, wenn ihre Längsachse senkrecht auf der kurzen Diagonale des Polarisators steht. An Einschlüssen ist er sehr arm.

Der Turmalin findet sich in manchen Graniten (Syenit, Diorit) und in den Kontaktzonen von Schiefern an Granit. Sehr verbreitet, meist in deutlichen Krystallen, ist er auch in den krystallinen Schiefern besonders in den Phylliten.

3. Epidotgruppe.

90. **Zoisit** III. Wasserhaltiges Thonerde-Kalksilikat. H = 6, G = 3,22 ... 3,36. Doppelbrechung positiv, schwach; die optische Achsenebene liegt bald im Brachypinakoid (b = b, c = a) $\varrho < v$, bald im basischen (b = a, c = b), $\varrho > v$; stets aber ist a = c, der Achsenwinkel sehr wechselnd. Dichroismus fehlt gewöhnlich, [4], Diff. 0,006. Er kommt meist in stengeligen Gruppen von Säulchen ohne deutliche Endfläche vor. Parallel 010 zeigen sich Spaltrisse. Meist ist er wasserhell (der Thulit durch Mangan rötlich gefärbt). Die Interferenzfarben sind schwachbläulich.

Der Zoisit findet sich vor allem in den krystallinen Schiefern, speziell in den hornblendeführenden Gesteinen dieser Gruppe. Auch in Saussuritgabbros ist er, wahrscheinlich als Umwandlungsprodukt von Plagioklasen, gefunden worden.

91. **Epidot** (Pistazit) IV. Wasserhaltiges Thonerde-Eisen-Kalksilikat. H = 6 ... 7; G = 3,32 ... 3,50. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, die optische Achsenebene liegt im klinodiagonalen Hauptschnitt, a liegt im spitzen Winkel a c, $\varrho > v$. Pleochroismus a gelb, b braun, c grün (vgl. Fig. 23), [4], Diff. 0,038. In stengeligen und faserigen undeutlich begrenzten Individuen in paralleler oder radialer Anordnung, manchmal mit Längsstreifung. Seine Farbe ist grün bis braun, sein Dichroismus nur bei dunkelgefärbten makroskopischen Krystallen stark, im Dünnschliff gewöhnlich schwach.

Er findet sich accessorisch in eruptiven Gesteinen und den krystallinen Schiefern. Er ist eines der häufigsten Produkte der Umwandlung, so besonders der Feldspate (Saussuritbildung!) der Pyroxene, Hornblenden, Glimmer, Granaten ꝛc. in der Regel als Nebenprodukt bei deren Umwandlung in Chlorit.

4. Olivingruppe.

92. **Olivin** III. (Chrysolit, Peridot.) Magnesia-Eisenoxydulsilikat. H = 6,5 ... 7, G = 3,2 ... 3,5. Doppelbrechung positiv, stark. Die optische Achsenebene fällt in die Basis, die Bisectrix in die Brachydiagonale, a = c, b = a, c = b, $\varrho < v$. Dichroismus fehlt (vgl. umstehende Fig. 24), [3], Diff. 0,036. Seine Durchschnitte sind sechs- oder achteckig oder auch ganz unregelmäßig; besonders charakteristisch ist das steile Doma, das an günstigen Durchschnitten sichtbar wird. Er ist meist von zahlreichen, regellosen Spalten durchsetzt und zeigt im Dünnschliff eine eigentümliche, rauhe und wellige Oberfläche. Seine Farbe ist grünlichgelb, grün, bei größerer Dünne ist er fast farblos. Zwischen den Nicols zeigt er sehr lebhafte Interferenzfarben. Er ist reich an mannigfaltigen Interpositionen, von welchen besonders Magnetit zu nennen ist. Längs der Spalten findet sich sehr häufig ein grünes, faseriges Zersetzungsprodukt (Serpentin, s. d.), welches dann als ein mannigfach verschlungenes Maschenwerk den Krystall durchsetzt (vgl. umstehende Fig 25). Die Olivine der krystallinen Schiefer gehen nicht selten in ein filziges Aggregat von Amphibolmineralien über.

Mit Salzsäure gelatiniert er nach längerem Erwärmen.

Der Olivin bildet den Olivinfels und ist ein wesentlicher Bestandteil der Melaphyre, Basalte, des Lherzoliths und findet sich accessorisch in Gabbros und mehreren anderen Eruptivgesteinen, auch in krystallinen Schiefern.

5. Granatgruppe.

93. **Granat** I. Chemische Zusammensetzung kompliziert, Silikat der Thonerde, des Eisens, des Kalks, der Magnesia, (auch Mangan, Chrom). H = 6,5 ... 7,5, G = 3,4 ... 4,3, [4], Granat kommt in der Regel in einzelnen Individuen eingewachsen vor und erscheint

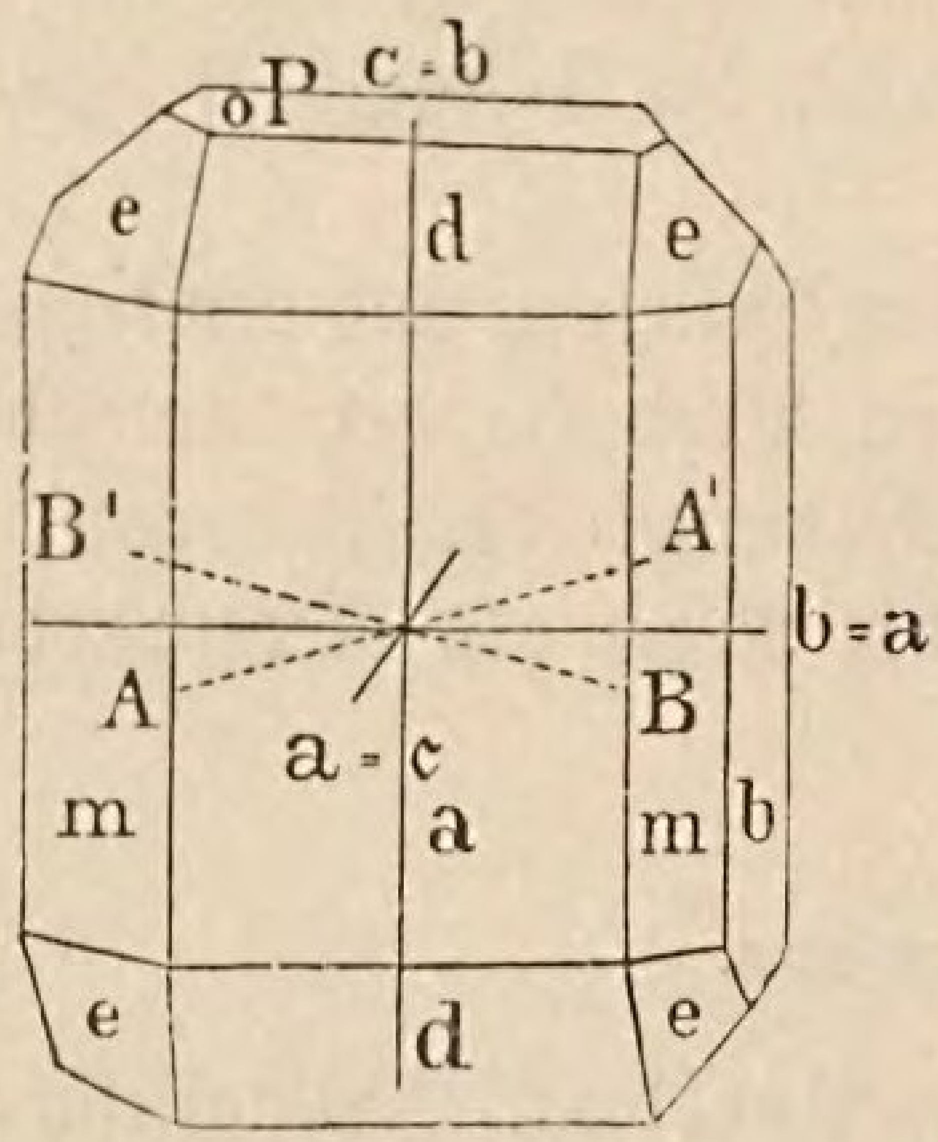


Fig. 24.

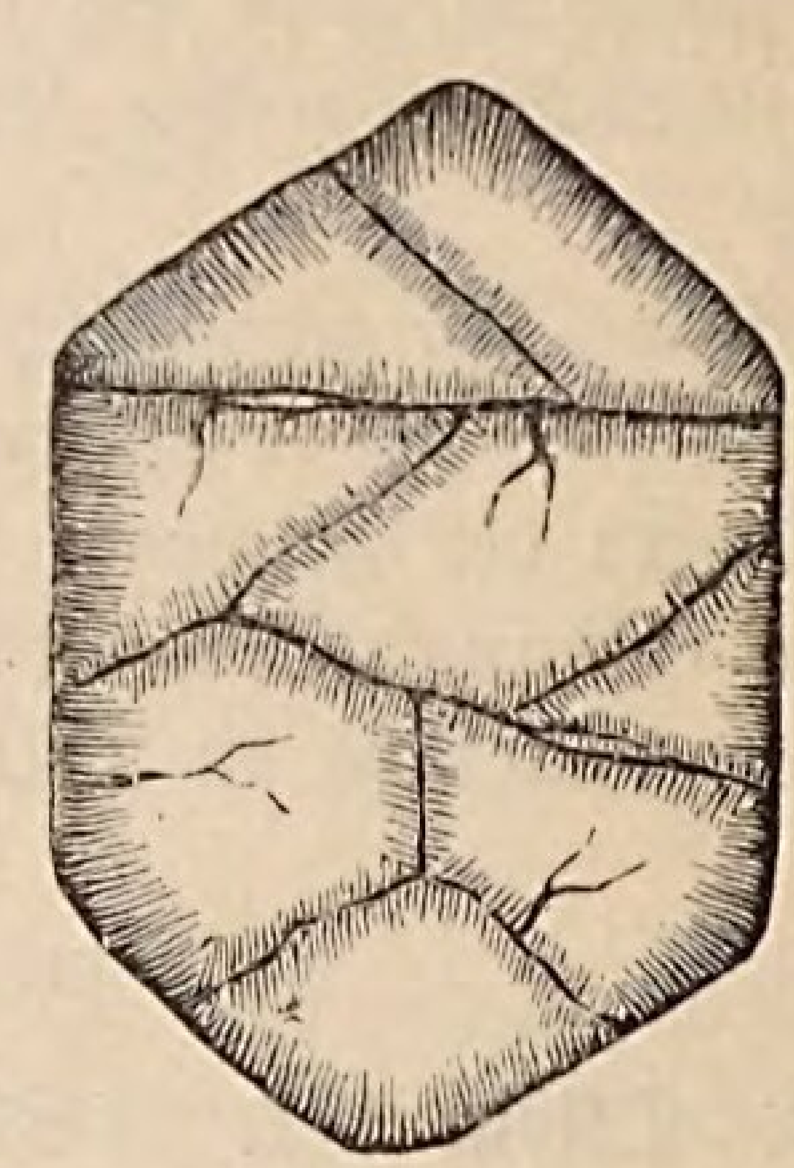


Fig. 25.

im Durchschnitt meist in undeutlichen regulären Polygonen, welche gewöhnlich von zahlreichen unregelmäßigen Sprüngen durchsetzt sind. Er ist wasserhell, rötlich oder (seltener) anders gefärbt und durchsichtig. Als Zersetzungs- und Umwandlungsprodukte treten verschiedene Mineralien auf, so besonders Hornblende, welche ihn oft in Form eines grünen Hofes umgiebt. Zwischen + Nicols bleibt er gewöhnlich in jeder Lage dunkel, doch giebt es auch Ausnahmen*).

Er ist ein wesentlicher Gemengteil des Eklogits, Granatits und Eulysits und findet sich accessorisch in manchen älteren Eruptivgesteinen (Granit), in Gneisen und sehr häufig in den krystallinen Schiefern.

---

*) Die optischen Anomalien des Granats haben vor allen Mallard (Ann. des Min. (7). X. 1876). — Klein (Nachrichten d. kön. Ges. d. W. zu Göttingen 1882 und N. Jahrb. f. Min. 1883, I). — Wichmann (Pogg. Ann. CLVII, 1876 und Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1875) beschrieben.

6. Skapolithgruppe.

94. **Melilith** II. Silikat der Thonerde und des Eisenoxyds, des Kalks, der Magnesia und des Natrons. H = 5 ... 5,5, G = 2,90 ... 2,95. Doppelbrechung negativ, [3], Diff. 0,005. In quadratischen oder rundlichen Durchschnitten, oder kurz säulenförmig, farblos oder mattgelblich bis bräunlich. Interferenzfarben meist blau, Pleochroismus schwach oder ganz fehlend. Sehr charakteristisch sind der c-Achse parallele Fasern, die oft nicht den ganzen Krystall durchsetzen, sondern von den Endflächen aus gegen das Innere sich verdicken und frei endigen („Pflockstruktur"). Er zersetzt sich leicht und wandelt sich dabei in faserige, stark doppeltbrechende Aggregate um. Nicht selten in Basalten (schwäbische Alb, Hegau rc.)

7. Nephelingruppe.

95. **Leucit** II. Thonerde-Kalisilikat. H = 5,5 ... 6, G = 2,45 ... 2,50. Doppelbrechung positiv, schwach, [2], Diff. 0,001. Ist eines der unter dem Mikroskope am besten charakterisierten

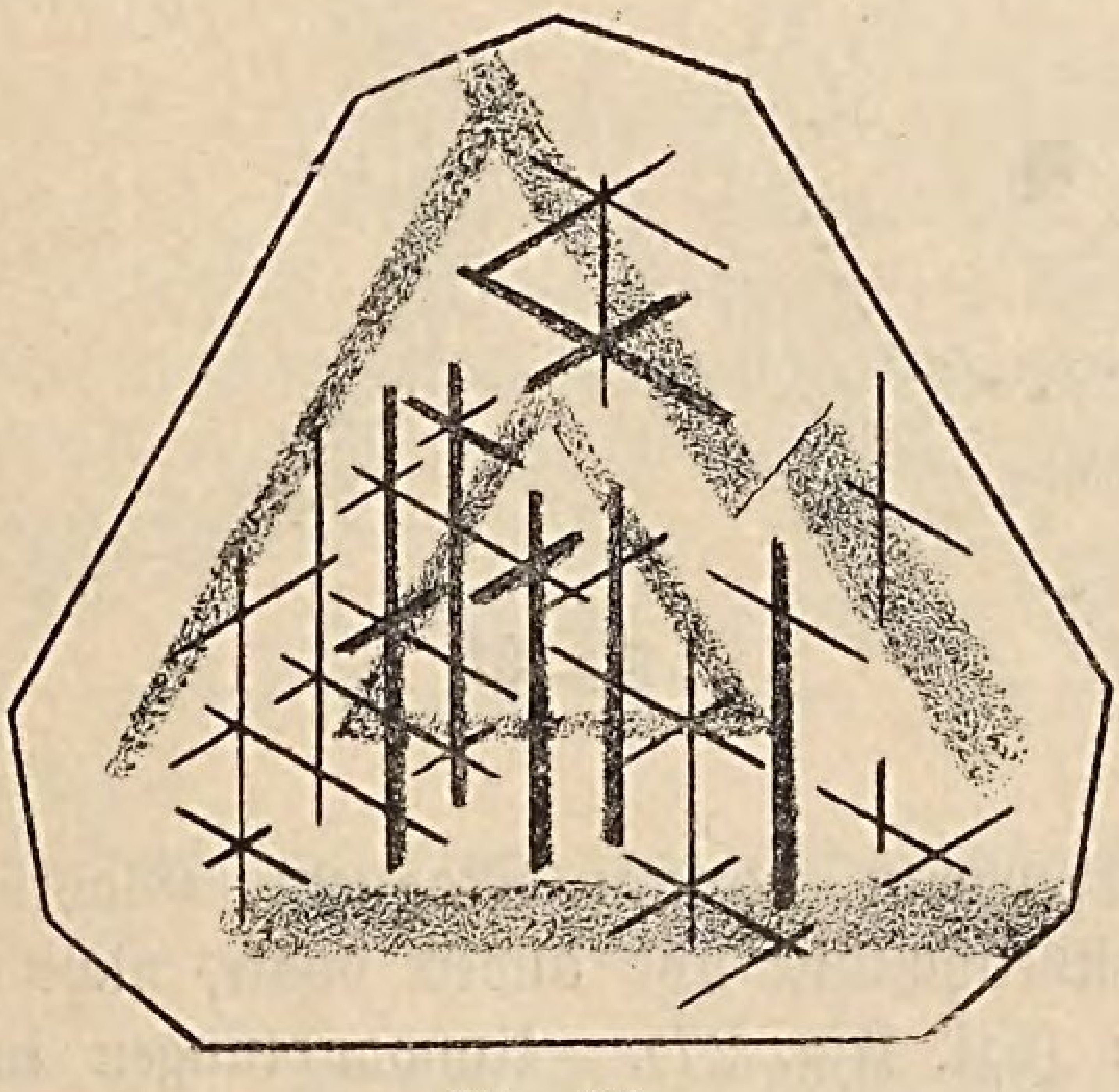


Fig. 26.

Mineralien. Er erscheint in achteckigen, selten scharfeckigen, meist etwas verzerrten Durchschnitten, oft in rundlichen Körnern. Er ist farblos und wird zwischen + Nicols selten vollkommen dunkel, in der Regel sieht man den im allgemeinen dunkeln Durchschnitt größerer Krystalle von hellen, blaßbläulich gefärbten, sich kreuzenden

Bändern durchzogen*) (vgl. Fig. 26). Sehr charakteristisch sind seine zahlreichen entweder zentral angehäuften oder in konzentrischen Kreisen angeordneten Einschlüsse. Unter diesen sind besonders zu erwähnen grünlichgelbe Mikrolithe, welche dem Augit angehören

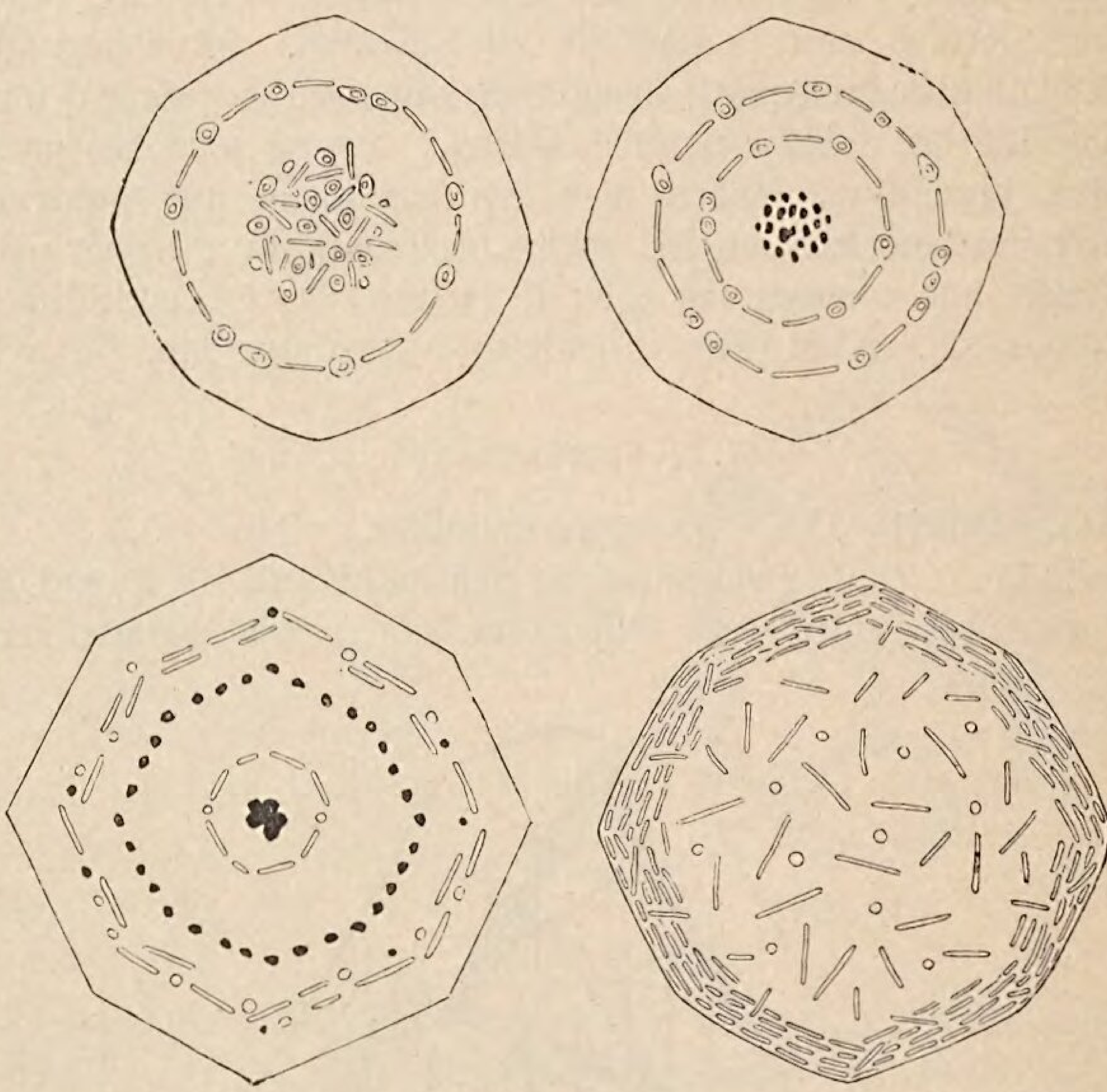


Fig. 27.

dürften, ferner Nephelin, Nosean, Magnetit, Glaskörner und Gasporen, Flüssigkeitseinschlüsse und andere opake, nicht weiter bestimmbare Körperchen (vgl. Fig. 27). Umwandlungen in Analcim und faserige Aggregate sind nicht selten.

Er ist ein gewöhnlicher Bestandteil der Laven vom Vesuv und der Eifel und findet sich im Leucitit, Leucitbasalt, Noseanphonolith u. a. G.

*) Ueber die optischen Verhältnisse vgl. C. Klein, Neues Jahrb. f. Min. 1885, II und Beilage=Band III.

96. **Nephelin** (Eläolith) VI. Thonerde-Kali-Natronsilikat, H = 5,5 ... 6, G = 2,58 ... 2,64. Doppelbrechung negativ, schwach, [2], Differenz 0,005. Kommt in den Gesteinen gewöhnlich in Krystallen vor, deren Durchschnitte entweder deutliche, oft sehr scharf begrenzte Hexagone oder kurze Rechtecke sind. Ursprünglich farblos, erscheint er in der Regel durch zahlreiche winzigste Interpositionen von noch fraglicher Natur wie bestäubt; außerdem beobachtet man besonders in den kleineren Individuen gelbliche oder grünliche Mikrolithe oft in sehr zierlicher Anordnung parallel den Umrissen des Krystalls. Seine Interferenzfarben sind stets sehr schwach. Häufig findet man ihn in blätterige oder stengelige Zeolithaggregate umgewandelt. In Salzsäure löst er sich unter Bildung von Gallerte, welch letzterer Umstand vorzüglich zur Unterscheidung von dem sehr ähnlichen Apatit dient (vergl. diesen).

Nephelin findet sich im Phonolith, Nephelinbasalt, Nephelinit und in Leucitgesteinen.

Mit dem Namen Liebenerit hat man Pseudomorphosen von Muskowit nach Nephelin bezeichnet, die als graue und grünliche Massen in einem an rotem Orthoklas reichen Porphyr bei Predazzo in Südtirol vorkommen.

97. **Sodalith** I. Thonerde-Natronsilikat und Chlornatrium, H = 5,5, G = 2,13 ... 2,29, [1]. Kommt in derben Massen, seltener in Krystallen vor; letztere erscheinen in hexagonalen oder quadratischen Durchschnitten meist mit ungleichen Seiten und zeigen wellenförmig verlaufende Risse. Er ist wasserhell oder von gelblicher bis grünlicher oder bläulicher Färbung. Zwischen + Nicols bleibt er natürlich dunkel. Er ist entweder vollkommen rein oder er umschließt zahlreiche Interpositionen aller Art. Mit Salzsäure giebt er leicht eine Gallerte.

In manchen Trachyten, ferner im Eläolithsyenit und anderen älteren Eruptivgesteinen.

98. **Nosean** I. Thonerde-Natronsilikat und Natronsulphat, H = 5,5, G = 2,279 ... 2,399. Findet sich stets in Krystallen von meist nicht scharf begrenztem quadratischen oder hexagonalen Durchschnitte, oft mit ungleichen Seiten und dunkler, bläulichschwarzer Umrandung. Oft sind die Durchschnitte von rechtwinklig oder unter 60° sich kreuzenden Strichsystemen durchsetzt, welche sich bei starker Vergrößerung als aus geradlinig aneinandergereihten Einschlüssen bestehend darstellen; durch eine Anhäufung solcher

Einschlüsse entsteht auch der dunkle Rand (vergl. Fig. 28). Seine Farbe ist verschieden, rötlich oder bläulich, oft wird er dunkel und undurchsichtig. Zersetzungserscheinungen ähnlich wie bei Hauyn.

In Nephelingesteinen nicht selten, in älteren Eruptivgesteinen findet man ihn nicht.

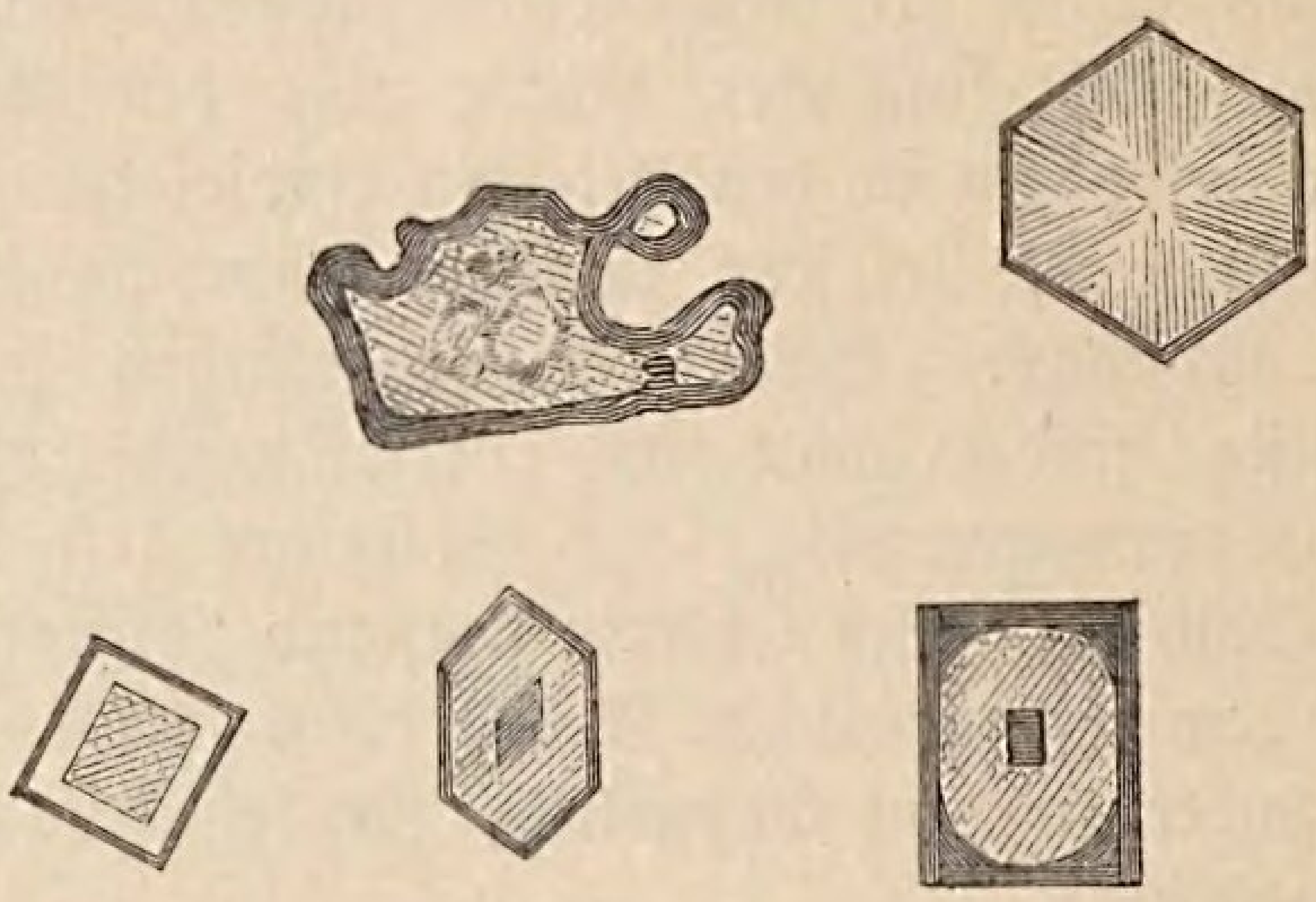


Fig. 28.

99. **Hauyn** I. Thonerde-Kalk-Natronsilikat u. Kalk-Natronsulphat, H = 5 . . . 5,5, G = 2,4 . . . 2,5, [1]. Er tritt wie der Nosean in Krystallen, zuweilen aber auch als Krystallkorn auf; seine Durchschnitte gleichen denen des Nosean. Die meisten Hauyne sind blau, doch findet man auch rote, braune, grüne oder graue, welch letztere von den zahlreichen winzigen Interpositionen wie bestäubt aussehen. Die Einschlüsse, welche oft in großer Zahl vorhanden sind, zeigen seltener eine so regelmäßige, geradlinige Anordnung wie beim Nosean, welcher Umstand vielleicht noch am besten dazu dienen kann, Hauyn neben dem überaus ähnlichen Nosean im Dünnschliff zu erkennen. Bei der Zersetzung bilden sich Zeolithe, die dann als strahlenförmige, eisblumenartige Büschel an Stelle des Krystalls erscheinen. Nosean und Hauyn gelatinieren mit Säuren leicht.

Auch der Hauyn ist auf jüngere Gesteine beschränkt und findet sich in Basalten, seltener in Trachyten und Phonolithen.

8. Glimmergruppe.

100. **Muskovit** (Kaliglimmer) IV mit rhombischem Habitus. Thonerde-Kalisilikat (mit etwas Magnesia, Mangan, Eisenoxydul und Wasser), H = 2 . . . 3, G = 2,76 . . . 3,1. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; die optische Axenebene steht senkrecht auf der klinobasischen Spaltungsfläche, die Bisectrix (a) nahe senkrecht auf

dieser Fläche, der Achsenwinkel beträgt 40—70°; $\varrho > v$, [2], Differenz 0,042. Erscheint im Dünnschliff entweder in unregelmäßig begrenzten oder auch in polygonalen Blättchen, wenn der Schliff parallel der Spaltungsfläche, oder in schmal leistenförmigen Durchschnitten, wenn er senkrecht zu dieser das Mineral getroffen hat. Diese letzteren Durchschnitte zeigen parallel ihrer Längsausdehnung ungemein feine Risse. Die Blättchen sind durchsichtig und hellgefärbt, gelblich, grünlich; die Interferenzfarben meist lebhaft. Absorption und Dichroismus bei Drehung des Polarisators kaum merklich wenn Blättchen, deutlicher, wenn Leisten vorliegen. Beide Schnitte werden zwischen + Nicols bei einer Horizontaldrehung zweimal dunkel. Interpositionen spärlich. Verwechselungen mit Talk sind leicht möglich, doch ist der Achsenwinkel bei Muskovit viel größer.

Er findet sich in vielen älteren Eruptivgesteinen und in den meisten Schiefern.

Der Sericit ist ein dichter bis feinschuppiger Muskovit, der sehr an Talk erinnert. Unter dem Mikroskop erscheint er gewöhnlich in Form unregelmäßig begrenzter, in die Länge gezogener, häufig spiralig oder rosettenartig gruppierter Blättchen, die sich oft kaum von Talk unterscheiden lassen. Er kommt besonders häufig in den dynamometamorphen Gesteinen, den krystallinen und paläozoischen Schiefern vor.

101. **Biotit** (Magnesiaglimmer, Meroxen) IV mit hexagonalem Habitus. Thonerde-Magnesiasilikat (mit etwas Kali, Natron, Eisen und Wasser), H = 2,5...3, G = 2,8...3,2. Doppelbrechung negativ. Die Achsenebene liegt im klinodiagonalen Hauptschnitte, der Achsenwinkel oft sehr klein, die Bisectrix nahe senkrecht auf der basalen Spaltungsfläche, $\varrho < v$, [2], Differenz 0,040. Er kommt teils in unregelmäßig begrenzten Lappen und Fetzen, teils in schönen hexagonalen Blättchen vor, oder in langen Leistchen, welche, wie oben, infolge der höchst vollkommenen basischen Spaltbarkeit fein längsgestreift sind. Seine Farben sind grünlich, gelblich bis tiefbraun, stets dunkler als die des vorigen Glimmers. Die sechsseitigen Blättchen bleiben gewöhnlich bei einer vollen Horizontaldrehung dunkel, die leistenförmigen Durchschnitte, wenn die lange und kurze Seite des Rechteckes den Nicolhauptschnitten nahe parallel sind. Bei der Untersuchung über den Dichroismus werden diese leistenförmigen Durchschnitte fast ganz schwarz, wenn die Spaltungsrichtung mit

dem Nicolhauptschnitt zusammenfällt; die Schnitte senkrecht zu c zeigen keinen Dichroismus. Interpositionen sind, wie oben, selten. — Biotit verfällt nicht besonders schwer der Zersetzung. Er wird hellgrün bis farblos oder er geht in Chlorit über. Bei fortgeschrittener Zersetzung findet man an seiner Stelle Eisenerze, Karbonate, Quarz und Epidot.

Er ist ein sehr gewöhnlicher Gemengteil vieler älterer und jüngerer Eruptivgesteine und findet sich auch in den krystallinen Schiefern.

9. Chloritgruppe.

102. **Chlorit IV.** In Zwillingsverwachsungen, welche rhomboedrische Formen nachahmen. Wasserhaltiges Thonerde-Eisen-Magnesiasilikat. H = 1,0 . . . 1,5, G = 2,78 . . . 2,95. Optische Verhältnisse sehr verschieden. Doppelbrechung schwach, [2], Diff. 0,001—0,005. Erscheint gewöhnlich in unregelmäßig begrenzten Blättchen, selten in sechsseitigen Täfelchen; häufig beobachtet man eine Zusammensetzung aus parallelen, gewundenen oder verworrenen Fasern, gewöhnlich kommt er in schuppigen Aggregaten vor. Die Farbe ist grün, der Dichroismus stark, die Interferenzfarben gewöhnlich schwach. Das verschiedene optische Verhalten der Chlorite im Dünnschliffe erklärt sich dadurch, daß mit dem Gesamtnamen „Chlorit" mehrere jetzt getrennte, chloritähnliche Mineralien (Pennin, Klinochlor), deren Unterscheidung unter dem Mikroskope nicht leicht ist, zusammengefaßt werden. Die Chlorite sind chemische Mischungen zweier Grundverbindungen, Serpentin ($Sp = H_4\,Mg_3\,Si_2\,O_9$) und Amesit ($At = H_4\,Mg_2\,Al_2\,Si\,O_9$). Je nach dem Vorwalten der einen oder andern sind auch die krystallographischen und optischen Verhältnisse verschieden, doch können die letzteren unter dem Mikroskope nur schwer von solchen hexagonaler Krystalle unterschieden werden. Interpositionen sind selten. Schwefelsäure zersetzt ihn langsam.

Chlorit bildet wesentlich den Chloritschiefer und findet sich außerdem in krystallinen Schiefern, Diabasen, Porphyr und Melaphyr. In den Eruptivgesteinen ist er wohl überall eine sekundäre Bildung, ein Zersetzungsprodukt aus Augit- und Hornblendemineralien, aus Biotit u. dergl. Aber auch in den Schiefern kommt er nicht selten unter Verhältnissen vor, die auf eine dynamometamorphe Bildung hinweisen.

Prochlorit nennt man Chlorite, die eine große Neigung haben, gewundene Säulchen zu bilden. In dynamometamorphen Gesteinen erscheinen sie nicht selten als wurm- oder raupenförmige Gebilde.

Dem Chlorit gleichen sehr manche Zersetzungsprodukte in krystallinen Gesteinen; diese werden, wenn sie nicht näher bestimmbar sind, unter dem Namen „Viridit" (Vogelsang), auch „Chloropit" (Gümbel) zusammengefaßt.

Als Ausfüllung oder teilweise Wandbekleidung kommt ein ähnliches grünes Mineral, der Delessit, als strahliges Aggregat in den Hohlräumen mancher Mandelsteine vor.

Chloritoid IV (Thonerde-Eisensilikat mit Wasser. H = 6,5, G = 3,52 . . . 3,56; [4], Diff. 0,015) ist ein derbes, blättriges, dunkelgrünes Mineral, das an einigen Orten (Canada) gewisse dunkle Schiefergesteine fast ausschließlich zusammensetzt.

10. Talk- und Serpentingruppe.

103. Talk III?, IV?. Wasserhaltiges Magnesiasilikat. H = 1, G = 2,69 . . . 2,80. Doppelbrechung negativ, stark. Die Achsenebene liegt im Makropinakoid, die Bisectrix liegt in der Vertikalachse, Achsenwinkel klein; [2], Diff. 0,040. Tritt in krummflächigen, oft ausgefransten Schüppchen oder schuppigen, oft rosettenartig gruppierten Aggregaten auf. Er ist farblos bis blaßgrün, ohne Dichroismus, welcher Umstand als Unterscheidung von dem sehr ähnlichen Chlorit dienen kann. Interferenzfarben bei sehr dünnen Blättchen lebhaft, bei einiger Dicke matt rötlich, grünlich (4. Ordnung). Von Interpositionen ist er ziemlich frei. Mit Muskovit kann er leicht verwechselt werden.

Er findet sich in den Talkschiefern und sehr häufig in dynamometamorphen Gesteinen.

104. Serpentin. Krystallform unbekannt. Wasserhaltiges Magnesiasilikat (mit Eisenoxydul). H = 3 . . . 4, G = 2,5 . . . 2,7. Man unterscheidet Faserserpentine (Chrysotil, Metaxit, Pikrolith) und Blätterserpentine (Antigorit). Die Faserserpentine löschen parallel der Faserung aus, Interferenzfarben ziemlich lebhaft. Der Blätterserpentin besteht aus unregelmäßig umgrenzten Leistchen und Blättern, Doppelbrechung negativ, schwach; die Achsenebene steht senkrecht auf den Blättchen, Bisectrix senkrecht zur Spaltungsfläche, $\varrho > v$. Das Serpentinmineral ist ein Umwandlungsprodukt des Olivins und Amphibols. In dem mit dem Namen Serpentin bezeichneten Gesteine findet man das Serpentinmineral in Form von Strängen,

in welchen die Fasern senkrecht zur Längserstreckung derselben stehen oder in unregelmäßigen Flecken; daneben Reste des Muttterminerals und Nebenprodukte (Tremolith, Aktinolith, Talk und opakes Erz). Oft läßt sich auch, wenn das Muttermineral völlig verschwunden ist, aus der Anordnung der Serpentinstränge oder der Erzpartikelchen auf das Muttermineral schließen. Die Serpentinbildung geht nämlich von den Spaltrissen aus. Olivin ist von unregelmäßigen Spalten durchsetzt; die Anordnung der Serpentinstränge und der Erzpartikelchen ist daher bei den Olivinserpentinen oft eine ganz charakteristische in der Art, daß sie ein unregelmäßiges Maschennetz („Maschenserpentin") bilden. Die Amphibole zeigen eine unter 124¹/₂° sich kreuzende Spaltung; bei Amphibolserpentinen findet man daher häufig noch eine gitterförmige Anordnung der Serpentinstränge und Erzpartikelchen nach diesem Winkel („Gitterserpentin").

Das Serpentinmineral findet sich sehr häufig in metamorphen Gesteinen, deren ursprünglichen Bestand wesentlich Olivin und magnesiareiche Amphibole ausmachten, also im Olivinfels, Gabbros und Amphiboliten. Ist die Umwandlung weit fortgeschritten, so entsteht das unter dem Namen „Serpentin" schlechtweg bekannte Gestein.

11. Augit- und Hornblendegruppe.

105. **Enstatit** III, Magnesiasilikat, H = 5,5, G = 3,10 ... 3,29. Doppelbrechung positiv. Die optische Achsenebene liegt im Brachypinakoid; die Bisectrix fällt in die Vertikalebene, a = $\mathfrak{a}$, b = $\mathfrak{b}$, c = $\mathfrak{c}$, [3], Diff. 0,010. **Bronzit** III, Magnesia-Eisensilikat, H = 4 ... 5, G = 3 ... 3,5. Die optische Achsenebene liegt im Brachypinakoid, die Bisectrix fällt in die Vertikalebene; die Größe des Achsenwinkels und der Pleochroismus wechseln bedeutend mit dem Eisengehalte. **Diallag** IV, Kalk-Magnesia-Eisensilikat, H = 4, G = 3,23 ... 3,34. Die optischen Verhältnisse wie beim Augit (?). Die Auslöschung auf 010 = 39° 41′ gegen c. [3], Diff. 0,024. Alle drei scheinen in den Gesteinen nur als Krystalloide von ungefähr leistenförmigem oder ganz unregelmäßem Durchschnitte vorzukommen. Sie zeigen unter dem Mikroskope sehr zahlreiche, ungemein feine, parallele dunkle Streifen, welche oft so dicht liegen, daß das Mineral fast undurchsichtig wird. Manchmal beobachtet man noch ein zweites oder sogar ein drittes Strichsystem, von denen das zweite schief, das dritte senkrecht zum ersten steht. Alle drei werden mit blaßgelben bis grünlichen Farben durchsichtig und zeigen keinen Dichroismus. Die

Polarisationsfarben zwischen den Nicols sind sehr lebhaft. Enstatit und Bronzit als rhombisch lassen sich optisch von dem monoklinen Diallag in geeigneten Durchschnitten zwischen +Nicols dadurch unterscheiden, daß die beiden ersteren dunkel werden, wenn ein Nicolhauptschnitt einer Krystallachse parallel ist; der letztere natürlich nur dann, wenn der Schnitt zufällig senkrecht zur Symmetrieebene steht, in anderen Schnitten findet sich eine schiefe Auslöschung. Enstatit und Bronzit sind schwer zu unterscheiden; als Hilfsmittel dient der metallische Schimmer des Bronzits auf dem Brachypinakoid und seine sanft wellige Streifung gegenüber der geradlinigen beim Enstatit. — Häufig findet man sie in Bastit oder faserigen Serpentin umgewandelt. Diallag geht auch in Hornblende über.

Alle drei finden sich als Gemengteile in Gabbros, im Serpentin, im Olivinfels und in anderen Gesteinen.

Protobastit wurde früher ein Mineral genannt, das sich dann als mit Enstatit identisch herausgestellt hat, wenn sich auch neuerlich einige Verschiedenheiten zwischen beiden ergeben haben. Aus ihm geht durch Wasseraufnahme der Bastit hervor. Letzteres Mineral ist in blätterigen Krystalloiden bekannt und gleicht im wesentlichen dem Enstatit. Er ist als Gemengteil im Schillerfels und anderen gabbroähnlichen Gesteinen bekannt; desgleichen im Serpentin.

106. **Hypersthen** III. Magnesia-Eisensilikat, $H = 6$, $G = 3{,}3 \ldots 3{,}4$. Doppelbrechung negativ, die optische Achsenebene liegt im Brachypinakoid, die Bisectrix fällt in die Brachydiagonale, $a = \mathfrak{a}$, $b = \mathfrak{b}$, $c = \mathfrak{c}$, $\mathfrak{a}$ hyacinthrot, $\mathfrak{b}$ rötlichbraun, $\mathfrak{c}$ graulichgrün, bei eisenarmen $\varrho < v$, bei eisenreichen $\varrho > v$, [4], Diff. 0,013. Er gleicht oft den vorigen, unterscheidet sich aber in bestimmten Vorkommnissen von ihnen vorzüglich durch den eigentümlichen, kupferroten Schiller auf der brachydiagonalen Hauptspaltungsfläche, welche, wie das Mikroskop zeigt, hervorgerufen wird durch zahlreiche braune, rhombische Blättchen, die größeren meist von lappiger Begrenzung, welche sämtlich parallel (oder nahe parallel) der Brachypinakoidfläche eingelagert sind und deren Natur bis jetzt nicht vollkommen sicher festgestellt ist. Außerdem giebt es aber auch Hypersthene, welche diese Mikrostruktur durchaus nicht zeigen. Die Farbe des Hypersthens ist meist dunkelbraun, bis grün, die einschlußfreien sind oft schön grünlichgelb, hell und erinnern an Augit. Er zeigt sehr deutlichen Dichroismus und ziemlich lebhafte Interferenzfarben. Außer den schon genannten

Blättchen finden sich Einschlüsse von Magnetit und Glas. Selten findet man Zersetzungen des Hypersthens, in Gabbros hat man ihn zu Hornblende umgewandelt gefunden.

Der Hypersthen ist ein hervorragender Bestandteil des Hypersthenits und der Norite; außerdem kommt er nicht selten in Gabbros vor und findet sich auch zuweilen in wohlentwickelten reinen Kryställchen in Trachytgesteinen.

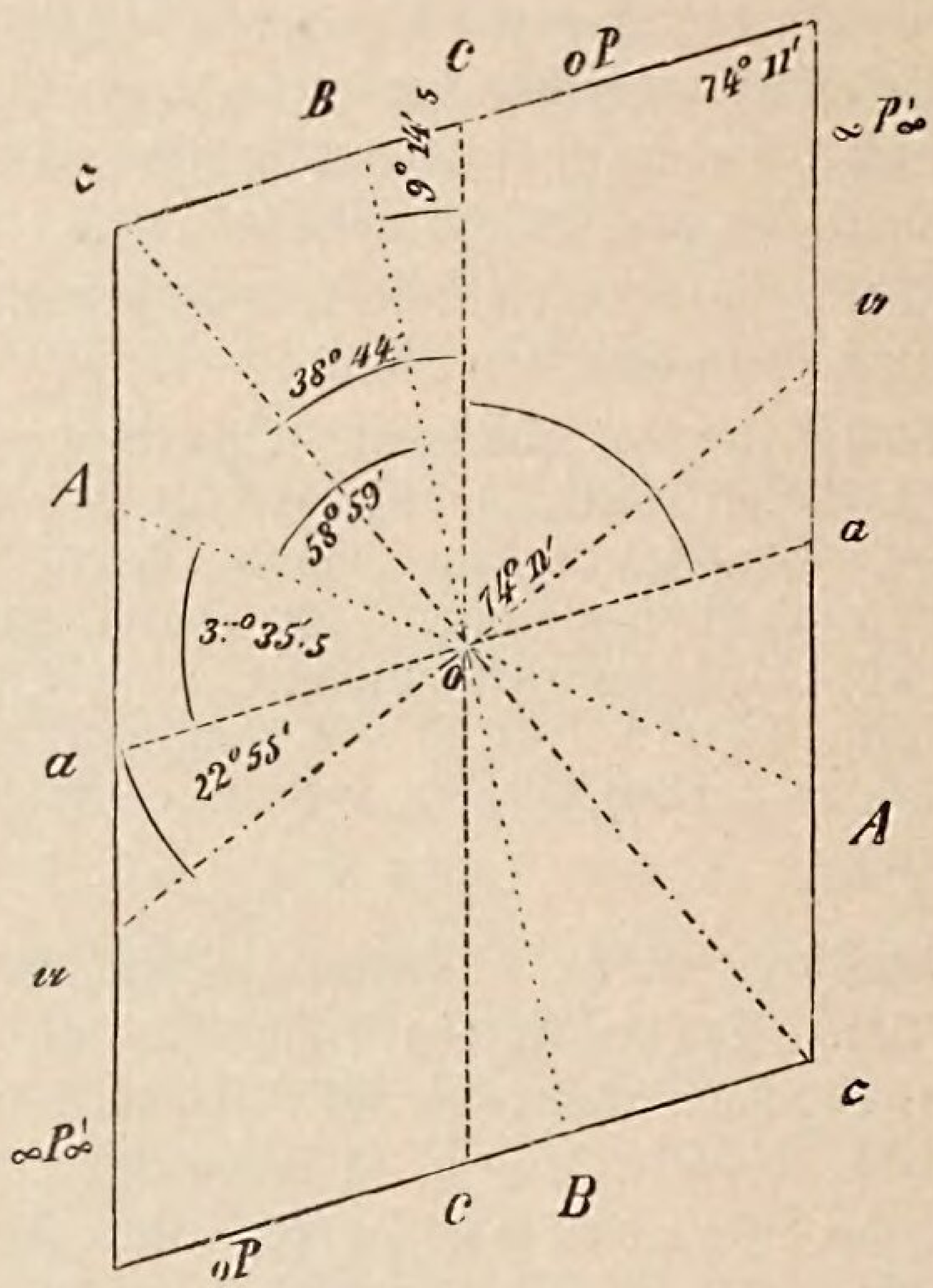


Fig. 29.

107. Augit (Pyroxen) IV. (Thonerde-) Kalk-Magnesia-Eisensilikat. H = 5 . . . 6, G = 2,88 . . . 3,5. Doppelbrechung positiv, stark, die optischen Achsen liegen im Klinopinakoid, b = 𝔟, die Bisectrix fällt in den stumpfen Winkel a c und bildet mit c ungefähr 39° und mehr (vergl. Fig. 29). [4], Diff. 0,022. Kommt in den Gesteinen als Krystall oder Krystallkorn vor. Die Durchschnitte der ersteren sind, wenn die aufrechte Achse getroffen wurde, meist achteckig, parallel dieser erscheinen sie entweder in rhombischen oder monoklinen Formen, je nachdem der Schliff parallel dem Ortho- oder Klinopinakoid den Krystall getroffen hat. Letztere Schnitte

zeigen nicht vollkommen geradlinig verlaufende Risse, die basischen meist ein sich unter 87° schneidendes Spaltensystem neben unregelmäßigen Rissen. Nicht selten zeigen die Augite schöne Schalen- (Zonar-)struktur. Oft sind die Krystalle zerbrochen oder in Gruppen zusammengehäuft, was auf eine Bewegung der noch flüssigen Gesteinsmasse hindeutet. Die Farbe des Augits ist in der Regel grünlichgelb bis bräunlich. Die Interferenzfarben sind lebhaft, der Dichroismus meist schwach oder er fehlt gänzlich. Zwischen + Nicols erkennt man häufig Zwillinge an der ungleichen Färbung beider Hälften eines Durchschnittes. Sehr charakteristisch im Unterschiede von der Hornblende ist die große Auslöschungsschiefe (39° — 54°) auf dem Klinopinakoid. Von den mannigfaltigen Interpositionen sind besonders Glaseinschlüsse, Mikrolithe, Magnetit neben anderen Mineralien zu nennen. — Säuren verändern ihn nicht. In Eruptivgesteinen findet man ihn nicht selten teilweise in Chlorit umgewandelt. In Dioriten und Diabasen geht er leicht in Uralit über.

Er ist ein häufiger Gemengteil jüngerer und älterer Eruptivgesteine, seltener ist er in krystallinen Schiefern.

Die obige Schilderung bezieht sich auf die verbreitetsten Augite. In einzelnen Gesteinen trifft man Augitabänderungen von abweichenden Eigenschaften.

Akmit und Aegirin sind natron-eisenführende Augite. Sie kommen oft in spießig ausgezackten Krystallen oder büschelig aggregierten Stengeln in manchen Graniten und Syeniten vor. Wegen ihres auffallenden Pleochroismus werden sie wohl leicht mit Hornblende verwechselt. Es ist a dunkelbraun oder grün, b hellbraun, gelb oder grün, c gelb bis bräunlich.

Omphacit kommt in den Eklogiten in Form rundlicher, meist farbloser oder grünlicher Körner vor, die oft Rutil enthalten.

Unter Smaragdit versteht man ein Gemenge von Pyroxen und Hornblende oder auch eine besondere Art grasgrüner Hornblende. Smaragdit findet sich in Gesteinen (Gabbro, Eklogit) nie in Krystallen, sondern in lamellaren Aggregaten von grünlichweißer Farbe ohne Dichroismus, welche in keiner Stellung zwischen + Nicols dunkel werden.

108. **Hornblende** (Amphibol) IV. (Thonerde-)Magnesia-Eisen-Kalksilikat. H = 5 . . . 6, G = 2,9 . . . . 3,3. Doppelbrechung negativ, stark; die optische Achsenebene liegt im Klinopinakoid, b = b; die Bisectrix fällt in den stumpfen Winkel ac und bildet mit c ca. 75°. Pleochroismus stark, a gelbgrün, b gelb-

braun, c schwarz (vgl. Fig. 30). [3], Differenz 0,023. Die Hornblende gleicht als Gesteinsgemengteil in vieler Beziehung sehr dem Augit, ohne daß in den meisten Fällen eine Verwechselung leicht möglich wäre, da sie durch recht charakteristische Merkmale von ihm unterschieden werden kann. Sie kommt in deutlichen Krystallen oder häufiger in Körnern und stengeligen Krystalloiden vor; ihre Durchschnitte gleichen, wenn die Vertikalachse nicht getroffen wurde, denen des Augits, Schnitte jedoch durch die Vertikalachse sind in der Regel

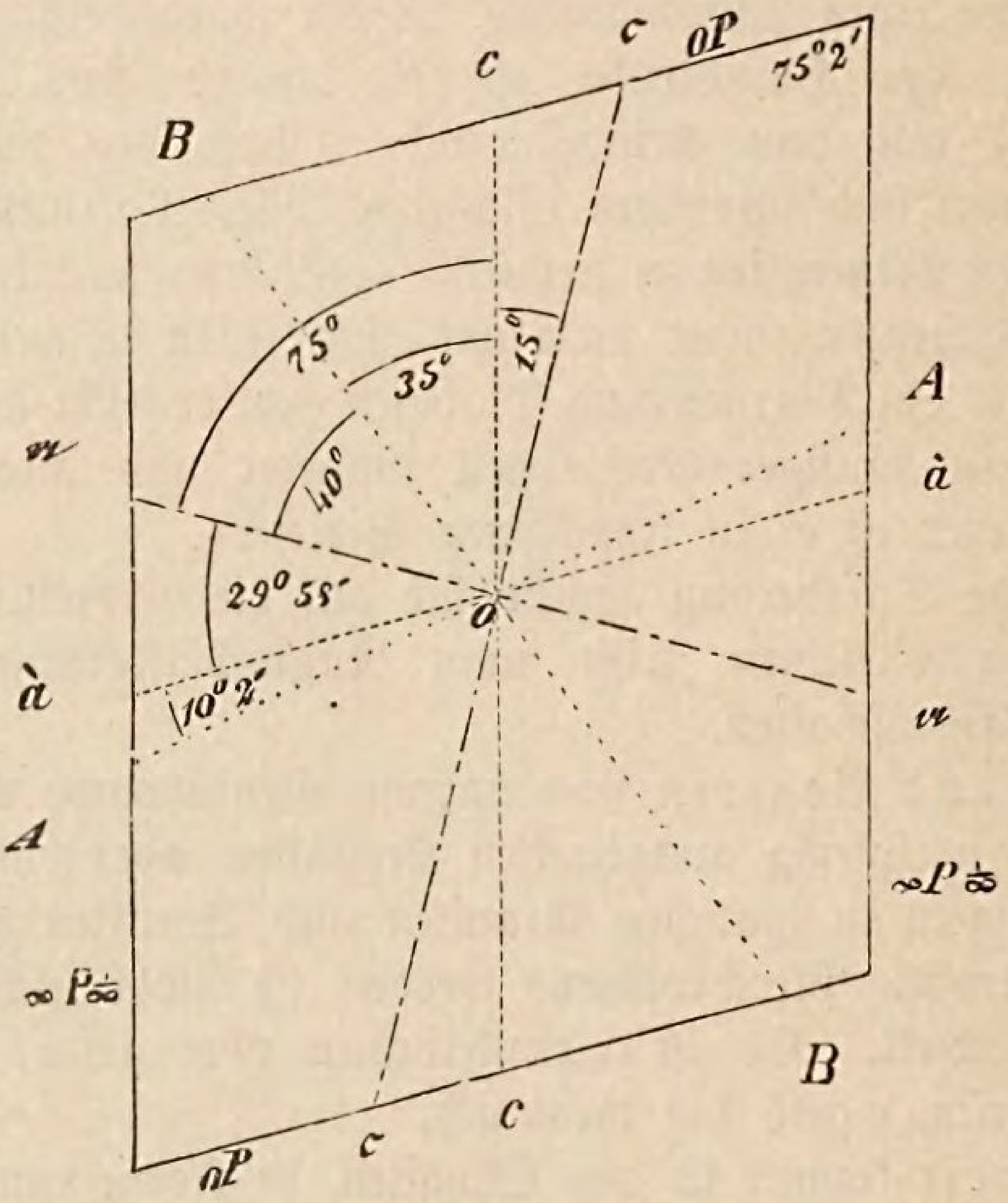
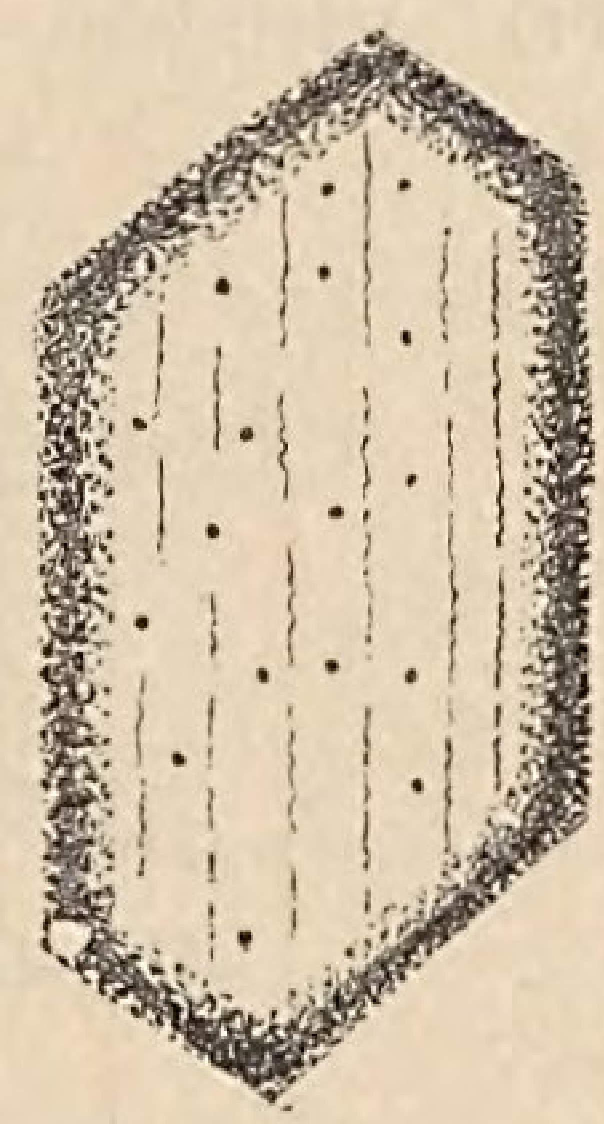


Fig. 30.

sechseckig und zeigen ein Prisma von $124^1/_2°$, welchem auch die gewöhnlich deutliche Spaltung entspricht. Daneben bieten auch die meist sehr scharf geradlinig verlaufenden Risse parallel der aufrechten Achse ein gutes Untscheidungsmerkmal. Schnitte, welche diese Risse zeigen, können auf den ersten Blick mit Biotitdurchschnitten verwechselt werden. Doch bietet die starke Absorption bei Biotit, wenn die Risse einem Nicolhauptschnitte parallel sind, eine bequeme Unterscheidung, wenn die schiefe Auslöschung der Hornblende nicht benutzt werden kann. Die Farbe ist gewöhnlich etwas tiefer als bei Augit, die basaltische Hornblende wird erst in sehr dünnen

Schliffen mit braunen Farben durchsichtig. Der Dichroismus der Hornblende ist im Gegensatze zu Augit sehr bedeutend und wird auch gewöhnlich zur Unterscheidung von letzterem benützt. Da jedoch manche Augite ebenfalls ziemlich merklichen Dichroismus zeigen, so wird dieses Unterscheidungsmerkmal zuweilen sehr problematisch. Besser eignet sich in passenden Durchschnitten (parallel der Symmetrieebene) der Umstand, daß die Auslöschungsschiefe bei Hornblende viel geringer (höchstens bis 20° mit c) ist als bei Augit. In Bezug auf Interpositionen ist ungefähr das Gleiche wie bei Augit zu erwähnen; sehr häufig findet sich hier, wie dort ein dunkler Magnetitsaum um den Krystall (vgl. Fig. 31). — Die Hornblende wandelt sich in Chlorit um, wobei nebenher Calcit und Quarz, auch Epidot auftritt.


Fig. 31.

In ältern augitführenden Eruptivgesteinen — wie es scheint, vorzüglich in solchen, welche starken Dislokationen ausgesetzt waren — findet man oft die Augite ganz oder teilweise in faserige Hornblende-Aggregate umgewandelt. Die äußere Form ist die des Augits, die inneren Eigenschaften jene der Hornblende. Man nennt diese Pseudomorphosen von Hornblende nach Augit „Uralit".

Die Verbreitung der Hornblende ist eine sehr bedeutende und erstreckt sich über eine große Zahl älterer und jüngerer Eruptivgesteine, sowie über krystalline Schiefer.

Aktinolith läßt sich unter dem Mikroskop gut von der eigentlichen Hornblende unterscheiden. Er kommt in der Regel in langstengeligen und faserigen Aggregaten vor, zeigt selten parallele Risse, meist eine blaßgrüne Farbe und schwachen Dichroismus. Er bildet wesentlich den Aktinolithschiefer und findet sich außerdem in manchen krystallinen Schiefern als accessorischer Bestandteil.

109. **Glaukophan** IV. Silikat von Thonerde, Eisen, Magnesia, Kalk, Natron. H = 6 . . . 6,5, G = 3,1. Die optische Achsenebene liegt im Klinopinakoid, die Bisectrix liegt im stumpfen Winkel ac, die darauf Senkrechte (die stumpfe Bisectrix) im spitzen Winkel ac und bildet mit c 4—6°. Trichroismus stark, a hellgrüngelb, b violett, c azurblau. Kommt in den Gesteinen in Stengeln ohne deutliche Endflächen vor; die Stengel sind gewöhnlich

quer gegliedert. Die Auslöschungsschiefe nach obigem sehr gering (4—6°). Im auffallenden Lichte ist er blau.

In Schiefergesteinen.

12. Cordieritgruppe.

110. Cordierit (Dichroit, Iolith) III. Thonerde-(Eisen-) Magnesiasilikat. H = 7 ... 7,5, G = 2,59 ... 2,66. Doppelbrechung negativ, schwach, der sehr schwankende Achsenwinkel liegt im Makropinakoid (100), c = a, b = c, a = b, $\varrho < v$ (vergl. Fig. 32), [2], Differenz 0,008. Meist in wasserhellen bis gelblichen oder bläulichen Krystallen und Körnern. Die

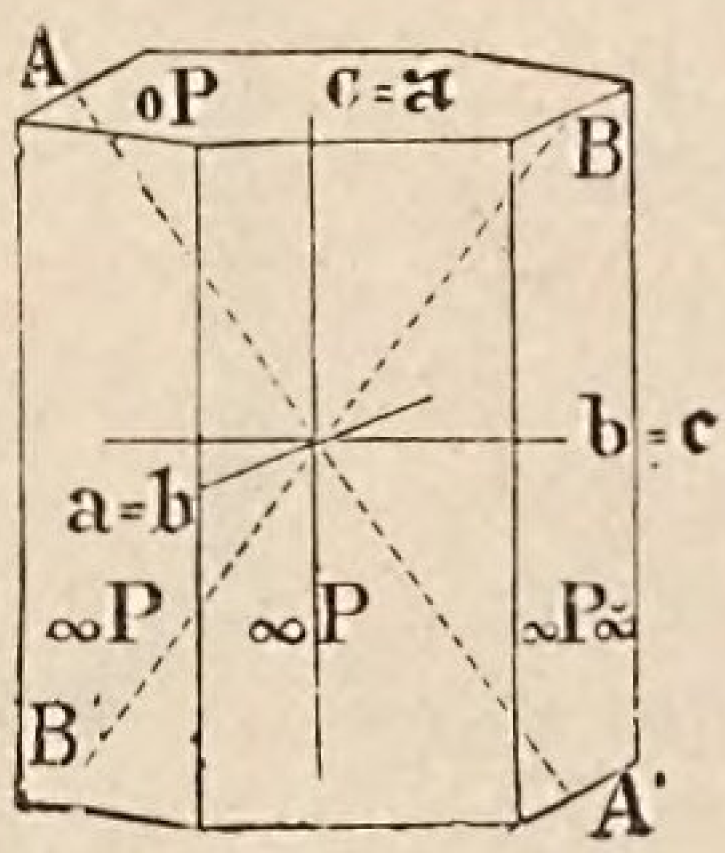


Fig. 32.

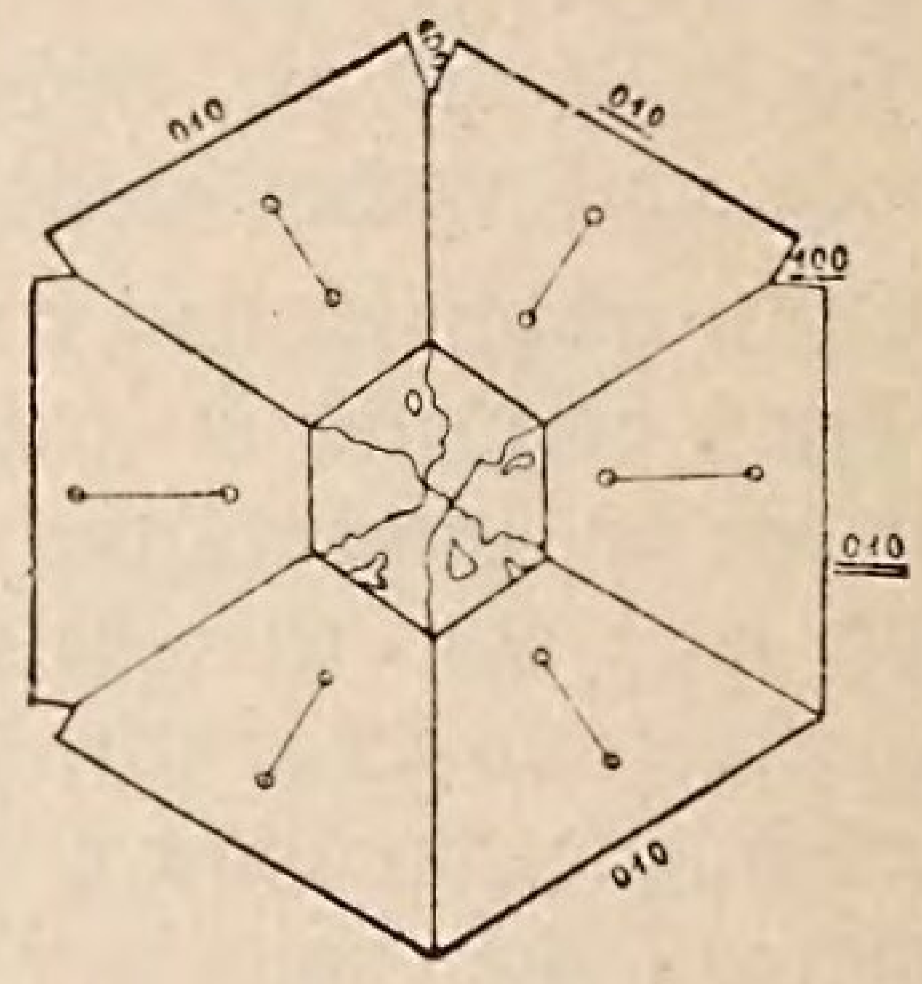


Fig. 33.

Krystalle sind gewöhnlich kurze Säulen, also rechtwinklige oder (bei basalen Schnitten) sechsseitige Durchschnitte; letztere zeigen häufig durchwachsene Zwillinge (vgl. Fig. 33). Pleochroismus in dünnen Schliffen schwach, in dickeren deutlich, a gelblich, b bläulich, c violett.

Der Cordierit der krystallinen Schiefer zeigt eine eigentümliche pleochroistische Erscheinung. In Schnitten parallel der Vertikalachse c besitzen Einschlüsse einen lebhaft gelbgefärbten Hof, wenn das Licht parallel c schwingend durchgeht. Dieser Hof erscheint schwarz, wenn man blaues Licht anwendet. Beim Glühen verschwindet die Erscheinung.

Der Cordierit kann leicht mit Quarz verwechselt werden; zur Unterscheidung ätzt man den Schliff mit Kieselflußsäure, welche den Cordierit angreift. Häufig ist er zersetzt zu faserigen oder blätterigen Aggregaten (Aspasiolith, Esmarkit ꝛc.).

Er findet sich in Eruptivgesteinen und besonders in den krystallinen Schiefern (Gneis).

13. Feldspatgruppe.

111. Orthoklas IV. Thonerde-Kalisilikat. H = 6, G = 2,53 ... 2,58. Doppelbrechung negativ. Die optische Achsenebene ist meist normal auf dem Klinopinakoid und bildet mit der Basis einen Winkel von ca. 5°, die Bisectrix liegt im Klinopinakoid (in der Symmetrieebene), b = c. Der Achsenwinkel ist sehr veränderlich. $\varrho > v$ (vgl. Fig. 34). (Zuweilen liegt aber die Achsenebene im Klinopinakoid und es ist b = b, $\varrho < v$.) [2]. Differenz 0,007. Die Durchschnitte des Orthoklases sind entweder rechteckig und polygonal, wenn das Mineral als Krystall entwickelt ist, oder unregelmäßig, wenn es als Krystallkorn vorkommt. Häufig beobachtet man Zwillinge (meist nach dem Karlsbader Gesetz), welche oft schon in gewöhnlichem Lichte durch eine feine Naht sich bemerklich machen; an Plagioklas erinnernde Streifung, welche man zuweilen auch makroskopisch erkennen kann, rührt von einer Verwachsung mit Albit her (Perthit).

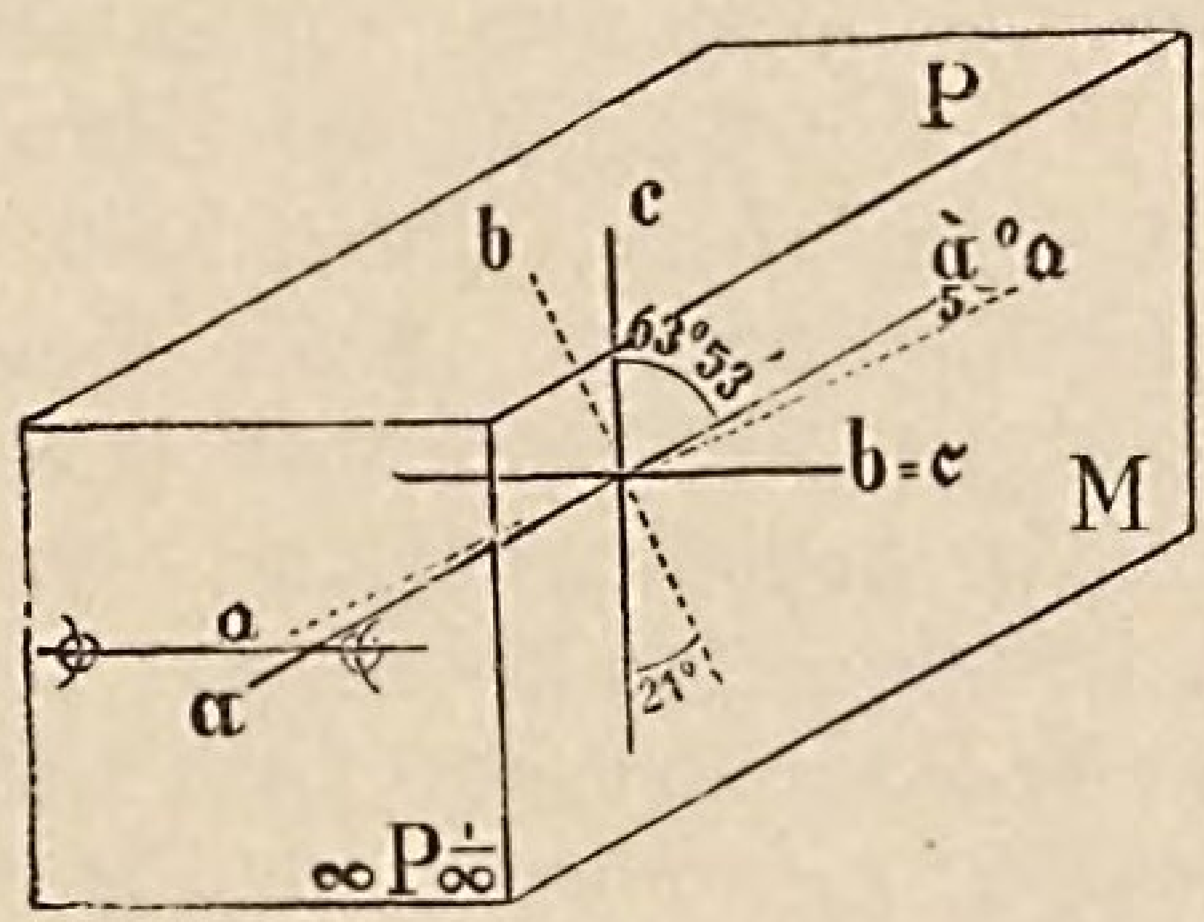


Fig. 34.

Der Orthoklas erscheint unter dem Mikroskop farblos, manchmal schön durchsichtig, meist aber infolge von Zersetzung getrübt, zuweilen durch fremde Substanzen gefärbt. Die frischen Orthoklase zeigen ziemlich lebhafte Interferenzfarben (I. Ordnung), die zersetzten sehr schwache. Die mikroskopisch oft sehr zahlreichen Interpositionen sind verschiedene Mikrolithe, Gasporen, manchmal Glas- und Flüssigkeitseinschlüsse, zuweilen Quarz und Glimmer. In stark getrübten Orthoklasen sind die Interpositionen nicht mehr zu erkennen. — Bei der so häufig vorkommenden Zersetzung des Orthoklases entsteht Kaolin als matte, feinerdige, schillernde Masse oder Muskovit (Serizit), der ähnliche, wenn auch lebhafter polarisierende Aggregate bildet. Eine Unterscheidung beider ist oft schwierig.

Der Orthoklas ist einer der wesentlichsten Gemengteile der älteren Eruptivgesteine und vieler krystallinen Schiefer.

Der **Mikrolin** ist die triklin krystallisierende Orthoklassubstanz. Da seine Krystallformen von jenen des Orthoklases nur wenig abweichen, kann er im Dünnschliff nur durch die optischen Eigenschaften unterschieden werden und zwar eigentlich auch nur an

Plättchen, welche ungefähr senkrecht zur Ebene 010 stehen, also z. B. an basischen Spaltungsplättchen, indem hier abweichend von Orthoklas, der parallel 010 auslöscht, die Auslöschungsrichtung mit 010 einen Winkel von ca. 15° bildet. Häufig ist er aus vielen parallel 010 und 100 geordneten, also sich kreuzenden Lamellen zusammengesetzt, weshalb er im polarisierten Lichte eine gitterartige Streifung zeigt. Mikrolin kommt neben Orthoklas im Granit und Gneis, auch im Syenit und Quarzporphyr u. a. vor.

112. **Sanidin** IV. Chemische und physikalische Verhältnisse wesentlich gleich, wie bei Orthoklas. Der Sanidin muß, obwohl er nur eine Varietät des Orthoklases ist, wegen seiner Wichtigkeit bei Unterscheidung älterer und jüngerer Eruptivgesteine besonders behandelt werden. Seine Durchschnitte gleichen im allgemeinen denen des Orthoklases, doch findet man hier häufiger schmal leistenförmige Krystalldurchschnitte. Zonarstruktur und Zwillinge sind oft zu erkennen. Im Unterschiede vom Orthoklas sind die Sanidine in der Regel vollkommen wasserhell, rein und durchsichtig und zeigen zwischen den Nicols lebhafte Interferenzfarben, die an Quarz erinnern. Von Interpositionen sind die Sanidine entweder vollständig frei oder sie besitzen deren eine große Menge und zwar Mikrolithe aller Art, Glaseinschlüsse, Dampfporen und Fetzen des ursprünglichen Gesteinsmagmas. Sie sind entweder unregelmäßig zerstreut, zentral angehäuft oder peripherisch angeordnet.

Der Sanidin ist ein wesentlicher Bestandteil vieler jüngeren Eruptivgesteine, seltener und stets nur accessorisch in älteren Massengesteinen, wie in manchen Melaphyren, Dioriten und Diabasen.

113. **Plagioklase** V. Nach Tschermak sind die verschiedenen Plagioklase (Oligoklas, Andesin, Labradorit rc.) isomorphe Mischungen zweier Silikate, des Albits (Ab) = Thonerde-Natronsilikat und des Anorthits (An) = Thonerde-Kalksilikat.

Die optischen Verhältnisse sind verschieden; bei allen Plagioklasen tritt schief gegen die Spaltungsfläche M (010) eine positive Bisectrix (c) aus und zwar liegt sie für alle nahezu in der Zonenebene P M (001, 010). Sie bildet mit der Normalen auf M bei Albit nach abwärts einen Winkel von ungefähr 18°, bei Anorthit nach oben von etwa 42°; für die Zwischenglieder liegt die Austrittstelle zwischen diesen Grenzen.

Albit. H = 6, G = 2,61 ... 2,64. $\varrho < v$. [2], Differenz 0,008.

Anorthit, H = 6, G = 2,73 ... 2,76. $\varrho > v$. [2], Differenz 0,013.

Die zwischen diesen Endgliedern liegenden Plagioklase, deren Mischungsverhältnis durch $Ab_n\,An_n$ angegeben werden soll, sind durch ihre optische Orientierung sehr scharf charakterisiert, die (nach Tschermak) am besten durch die Angabe der Auslöschung auf den beiden Spaltungsflächen P (001) und M (010) anschaulich gemacht werden kann. Vgl. die Fig. 35. Wird auf der einen wie auf der anderen Fläche eine Linie parallel der Kante PM gezogen, so giebt es da wie dort eine Auslöschungsrichtung, welche von dieser Linie wenig abweicht, jedoch bald in dem einen +, bald in dem anderen — Sinne. Aus den Beobachtungen Schusters ergiebt sich nun für

Ab (Albit)	Abweichung auf P	= + 4° 30′,	auf M = + 19° 0′
$Ab_3\,An_1$ (Oligoklas)	„ „ „	= + 1° 4′,	„ „ = + 4° 36′
$Ab_1\,An_1$ (Andesin)	„ „ „	= — 5° 10′,	„ „ = — 16° 0′
$Ab_1\,An_3$ (Labradorit)	„ „ „	= — 17° 40′,	„ „ = — 29° 38′
An (Anorthit)	„ „ „	= — 37° 0′,	„ „ = — 36° 0′.

Alle Plagioklase zeichnen sich im Gegensatz zu den monoklinen durch ihre Neigung zur polysynthetischen Zwillingsbildung aus, welche auch als vorzüglichstes Kennzeichen zur Unterscheidung von den orthotomen Feldspaten unter dem Mikroskope dient, eine Unterscheidung, welche um so wichtiger ist, als die Hauptgruppen der feldspatführenden Gesteine nach diesem Gemengteile unterschieden werden. Die Zwillinge sind meist nach dem Albitgesetze gebildet (Lamellen parallel M), wobei also nur die Fläche M keine Lamellierung zeigt, oder, wenn auch seltener, nach dem Periklingesetze, wodurch auf M die Lamellendurchschnitte als gegen die Kante 001 · 010 geneigte Linien erscheinen. Sind beiderlei Lamellen gleichzeitig vorhanden, so sieht man in der Zone 100 · 001 eine Gitterung (vergleiche auch den Mikroklin). Die polysynthetischen Krystalle sind öfter neuerdings zu Zwillingen (nach dem Bavenoer, Karlsbader oder Manebacher Gesetze) verwachsen. — Auch Verwachsungen mit Orthoklas kommen vor.

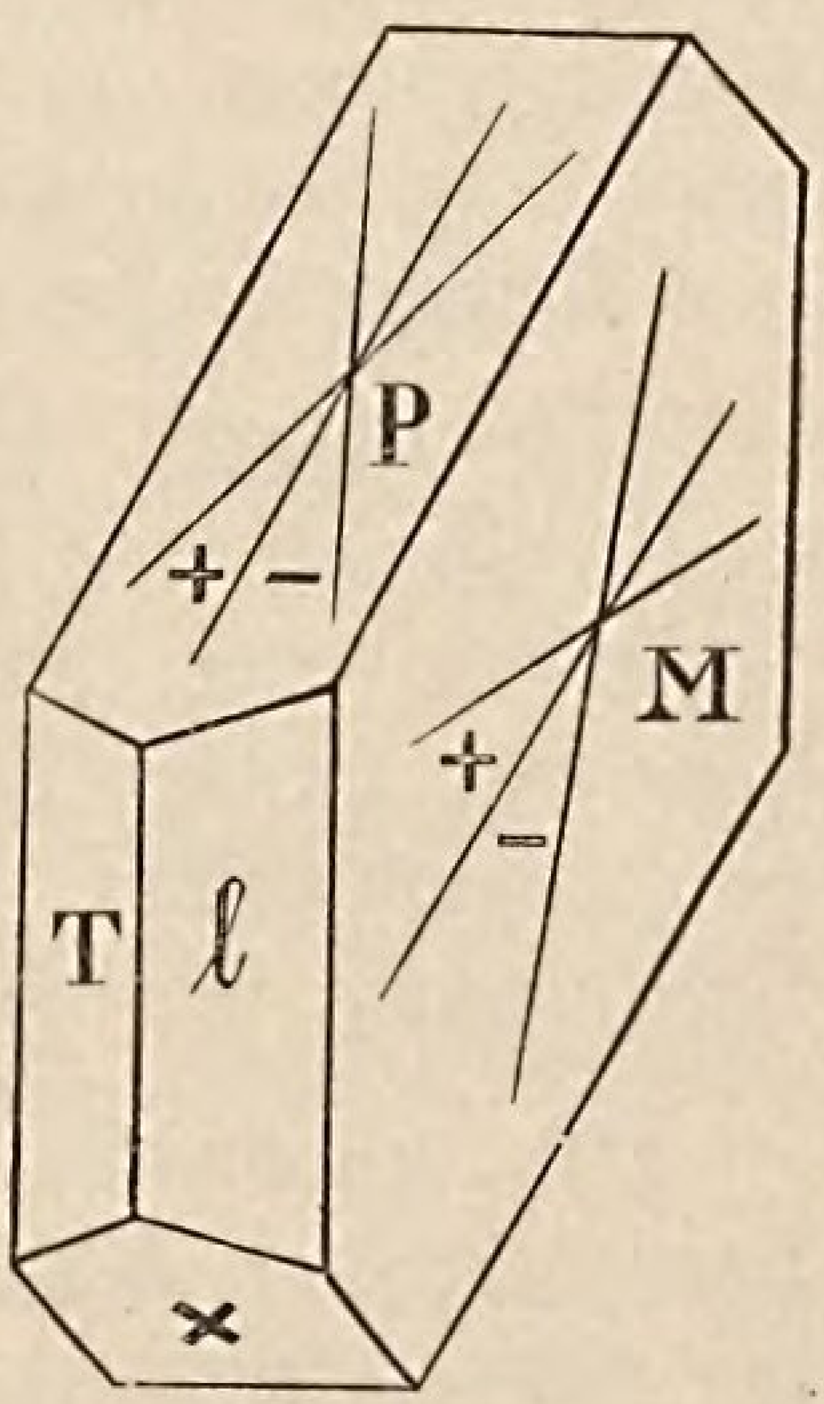


Fig. 35.

Die Durchschnitte der Plagioklase sind ähnlich denen des Orthoklases leistenförmig oder unregelmäßig. Die Zwillingsbildung ist im gewöhnlichen Lichte meist schon durch eine feine Parallelstreifung

zu erkennen, giebt sich aber zwischen den Nicols durch buntfarbige, scharf aneinander absetzende Streifen sehr deutlich zu erkennen. Die übrigen Verhältnisse gleichen im allgemeinen denen des Orthoklas und Sanidin, wie man denn auch hier die beiden Varietäten die „derbe" und die „glasige" durch die Namen „Plagioklas" und „Mikrotin" zu trennen suchte. Auch die Plagioklase sind sehr häufig zersetzt, wobei Kaolin und Muskovit, anbei Calcit und Quarz entsteht. Auch die Bildung von zeolithischen Mineralien kann man beobachten. In dynamometamorphen Gesteinen sind Labrador und Anorthit nicht selten in Saussurit umgewandelt. Die Plagioklase sind in vielen Eruptivgesteinen und in den krystallinen Schiefern verbreitet. Albit kommt nicht selten in Graniten, besonders häufig verwachsen mit Orthoklas (Mikroperthit) und Mikroklin vor. Sehr verbreitet ist er in krystallinen, besonders in den metamorphen Schiefern. Oligoklas findet sich in Granit, Syenit und ist der herrschende Feldspat in den Dioriten und Diabasen und deren Porphyren, ebenso in den Melaphyren und Basalten; außerdem in den krystallinen Schiefern. Labrador herrscht in den basischen Eruptivgesteinen (ohne Orthoklas und Quarz) besonders in den augit- und diallagreichen Diabasen und Gabbros. Anorthit hat eine ähnliche Verbreitung wie der Labrador.

114. **Kaolin.** Der Kaolin kommt in den Gesteinen als Zersetzungsprodukt der Feldspate und ähnlicher Mineralien vor. Er bildet eine weiße, weiche, mehlige Masse, welche unter dem Mikroskope sehr unsicher charakterisiert ist, so daß zur Feststellung der Kaolinnatur eines Zersetzungsproduktes jedenfalls makroskopische Untersuchung, wo möglich, vorzuziehen ist.

115. **Glasbasis.** Als petrographisch wichtig muß hier noch der amorphen „Glasbasis" gedacht werden. Es findet sich nämlich in vielen Gesteinen neben den individualisierten Ausscheidungen eine amorphe, durchaus strukturlose, ungefärbte, gelbliche und durchsichtige Masse, welche bald als feine Häutchen, Bänder und Streifen oder als winzige Fleckchen, bald aber auch in größeren Partien zwischen den krystallinischen Bestandteilen (als „Zwischenklemmungsmasse", „Mesostasis") vorkommt, von diesen durch den Mangel einer eigenen Form und durch ihre Wirkungslosigkeit auf polarisiertes Licht unter dem Mikroskope sich zu erkennen giebt und mit dem Namen Glas oder glasige Basis bezeichnet wird. Nicht immer erscheint sie durchaus homogen, sehr oft beobachtet man in derselben

winzige Härchen und Körnchen, welche wegen ihrer Kleinheit und häufigen Undurchsichtigkeit schwer weiter zu deuten sind. Diese schon einmal bei Gelegenheit der Glaseinschlüsse in Mineralien erwähnten Gebilde der glasigen Basis werden Entglasungsprodukte genannt. Ist der Schliff dünn genug oder das Glas von größerer Ausdehnung, so läßt sich seine isotrope Natur leicht erkennen, schwieriger oder geradezu unmöglich ist es bei winzigen Partien, welche über oder in anderen doppeltbrechenden Mineralien liegen, wie dies besonders oft bei Untersuchung von Glaseinschlüssen gefühlt wird.

B. Die Strukturformen.

116. Erklärung. Durch die Gestalt, Größe und Art der Aggregation der ein Gestein zusammensetzenden Bestandteile wird dasjenige bedingt, was man seine Struktur (Textur) oder sein inneres Gefüge nennt. Die Struktur eines Gesteines kann aus Handstücken nur für jene Stelle, aus welcher das Stück genommen ist, erkannt werden; sollen Handstücke ein Bild von der Struktur der ganzen lokal abgelagerten Gesteinsmasse geben, so müssen solche von verschiedenen Stellen, vom Rande und der Mitte, von oben und unten, vom Stock und den Apophysen u. s. w. vorliegen, da sich die Struktur gewöhnlich nicht durch die ganze Gesteinsmasse gleichbleibt.

Außerdem erscheint aber infolge von Spalten, welche das Gestein gewöhnlich durchziehen, deren Ursachen verschieden, z. B. Abkühlung, Austrocknung, Druck u. dergl., sein können, die ganze lokale Ablagerung eigentümlich struiert. Die dadurch auftretenden, gewissermaßen äußeren Strukturformen eines Gesteins, welche selbstverständlich nur an Ort und Stelle der Ablagerung, nicht aber an Handstücken beobachtet werden können, werden gewöhnlich Absonderungsformen genannt.

Für die Betrachtung der Strukturverhältnisse ist es notwendig, auf die Unterscheidung zwischen krystallinen und klastischen Gesteinen zurückzugehen. Ebenso ist es für das Verständnis der Terminologie vorteilhaft, die Makro- und Mikrostrukturverhältnisse getrennt zu betrachten.

I. Makrostruktur der krystallinen Gesteine.

117. Körnige Struktur. Die einzelnen Gemengteile sind ungefähr von gleicher Größe und besitzen nach allen Richtungen nahezu gleiche Ausdehnung. Je nach der Größe des Korns unterscheidet man

grobkörnig, wenn die Mineralindividuen erbsengroß und größer sind, mittelkörnig für Dimensionen von Hirse- bis Erbsengröße, und endlich feinkörnig, wenn die Größe der Gemengteile eine geringere ist. Für alle drei Modifikationen bietet der Granit ein instruktives Beispiel.

118. **Dichte Struktur.** Lassen sich an einem Gestein weder mit freiem Auge noch mit der Lupe die Gemengteile unterscheiden, so heißt das Gestein dicht. Oft löst sich eine dem bloßen Auge dicht erscheinende Gesteinsmasse unter dem Mikroskope in ein feinkrystallines Aggregat auf (aphanitische Struktur); in anderen Fällen gelingt eine derartige Auflösung selbst mit den stärksten Vergrößerungen nicht und das Gestein erweist sich auch unter dem Mikroskope entweder durchaus oder wenigstens stellenweise als eine homogene, amorphe Masse. Die hierher gehörige Terminologie findet ihre Erklärung unter II.

119. **Schiefrige Struktur.** Für die hier zu betrachtenden Strukturverhältnisse ist nicht mehr die Größe der Bestandteile, sondern ihre Gestalt und Lage maßgebend. Enthält das Gestein blätterige Mineralien in größerer Zahl (z. B. Glimmer), so wird das Gestein, wenn die Blättchen eine parallele Lage haben, parallel dieser leichter spalten als in anderen Richtungen. In der Regel kann die Spaltung bis zu äußerst dünnen Blättchen fortgesetzt werden. Die auf diese Weise entstehende, weit verbreitete Strukturform heißt schiefrig. Die für gewisse Modifikationen gebräuchlichen Ausdrücke, wie gerade- und krummschiefrig, wellenförmig, dick- und dünnschiefrig u. dergl. erklären sich wohl von selbst. Beispiele für diese Ausbildungsweise sind Gneis, Glimmerschiefer, Dachschiefer u. a. Der Bruch dieser Gesteine wird in Haupt-, Längs- und Querbruch unterschieden, je nachdem die Bruchfläche parallel der Schieferung oder senkrecht zu derselben und zwar entweder längs der meist nach einer Richtung mehr ausgedehnten Gemengteile oder quer gegen diese liegt. Eine Schieferung, welche der Schichtung parallel läuft, nennt man wohl auch Foliation.

Eine bestimmte Form schiefriger Gesteine wird als flaserig bezeichnet. Hier werden linsenförmige Partien, welche ihrerseits oft körnige Struktur zeigen, von dünnen schiefrigen Lagen getrennt. — Schiefrige Gesteine zeigen häufig eine eigentümliche, oft bis zu mikroskopischer Feinheit herabsinkende Fältelung, welche wahrscheinlich eine Folge einseitigen Druckes auf das Gestein ist.

Die schiefrige Struktur der sog. kristallinen Schiefer kann die Folge einer eigenartigen Ablagerungs- und Bildungsweise dieser Gesteine sein, und ist dann nicht wesentlich von der Schichtung, welcher sie parallel läuft, verschieden; oder sie entstand nachträglich durch Einwirkung mechanischer Kräfte (Druck, Zug). In letzterem Falle durchquert sie zumeist die Schichtung und ist als Cleavage (Transversalschieferung, vgl. Nr. 150) zu bezeichnen. Nur besonders günstige Verhältnisse, wie z. B. Wechsellagerung der Schiefer mit Kalkschichten u. dergl. gestatten jeweilig eine Entscheidung dieser Frage.

120. **Schuppige Struktur.** Das Gestein ist aus blätterigen Mineralien zusammengesetzt, welche entweder parallel angeordnet sind (schiefrige Struktur) oder nach allen Richtungen wirr durcheinanderliegen.

121. **Faserige Struktur.** Sind die Mineralien, welche das Gestein zusammensetzen, dünn und nach einer Richtung sehr ausgedehnt, so entsteht, wenn sie parallel angeordnet sind, eine schiefrig-faserige, wenn sie verworren liegen, eine verworren-faserige Struktur.

122. **Gestreckte Struktur.** Mit diesem Namen hat man eine Struktur bezeichnet, die durch parallele, oft über weite Strecken hin gleich gerichtete Aneinanderlagerung in die Länge gestreckter Gemengteile hervorgerufen wird. Bei Eruptivgesteinen wird diese Anordnung der leisten- und säulenförmigen Mineralien (Feldspat, Hornblende ꝛc.) als eine Folge der fließenden Bewegung der weichen Gesteinsmasse angesehen; doch findet sich die Erscheinung auch bei vielen schiefrigen Gesteinen (Gneis, Hornblendeschiefer). (Vgl. Nr. 287 Dynamometamorphose.)

123. **Porphyrische Struktur.** Liegen in einer amorphen oder teilweise amorphen, teilweise krystallinen oder auch vollkommen krystallinen, makroskopisch dicht erscheinenden Masse, welche in der Regel einen Hauptanteil an der Gesteinszusammensetzung hat und „Grundmasse“ genannt wird, größere Krystalle ausgeschieden, so wird die dadurch hervorgerufene Strukturform porphyrisch genannt. Die Grundmasse der eigentlichen Porphyre, welche wesentlich feldspatiger Natur ist, wird Felsit genannt. Porphyrartig nennt man Gesteine, die in einer kleinkörnigen Hauptmasse größere Ausscheidungen zeigen, wie dies bei manchen Graniten (Granitporphyr) der Fall ist.

124. **Blasige Struktur.** Manche Eruptivgesteine umschließen oft mehr oder weniger rundliche Hohlräume, deren Entstehung auf in der weichen Masse sich entwickelnde Gasblasen zurückgeführt wird; die dadurch bedingte Struktur heißt blasig. Modifikationen, welche teils durch die Zahl der Hohlräume, teils durch ihre Gestalt hervorgerufen werden, erhalten besondere Namen. So bezeichnet man ein Gestein, in welchem die Blasenräume so überwiegen, daß die eigentliche Gesteinsmasse nur als dünne Wand zwischen denselben übrig bleibt, mit schwammig oder schaumig (Bimsstein). Schlackig heißt die Struktur dann, wenn die Blasenräume mannigfach gewunden und schlauchförmig sind, wie dies bei vielen Laven beobachtet wird, kavernos, wenn die Hohlräume groß, unregelmäßig und drusig sind.

125. **Mandelsteinstruktur** (amygdaloidische Struktur). Sind die Hohlräume mit fremder Mineralsubstanz erfüllt, so entstehen sogenannte Mandeln und, wenn sie größere Dimensionen angenommen haben, Geoden, Verhältnisse, die bereits eine Besprechung gefunden haben (vgl. S. 13).

126. **Poröse** (zellige, kavernöse, tubulöse) **Struktur.** Sie unterscheidet sich von der blasigen Struktur nur dadurch, daß die Hohlräume anderen Ursprungs, nämlich durch Auswitterung des Gesteins entstanden sind. Die obige Reihenfolge der Bezeichnungen gebraucht man für immer größere Lücken, so daß ein Gestein, dessen Hohlräume bis fußgroß sind, mit kavernös bezeichnet wird. Tubulös wird ein Gestein mit ausgewitterten röhrenförmigen Hohlräumen genannt.

127. **Oolithische Struktur.** Viele Kalksteine und Mergel bestehen größtenteils aus bis schrotkorngroßen, radialstrahligen und konzentrisch schaligen kugeligen Konkretionen, welche durch ein oft kaum mehr merkliches Zement verbunden sind (vgl. Fig. 36). Ihre Entstehungsweise kann eine verschiedene sein und ist in den meisten Fällen noch nicht bekannt. An den Rogensteinen bemerkt man ein mergeliges Bindemittel, im Pisolith oder Erbsenstein, dessen Oolithe im Innern meist einen fremden Körper enthalten und zuweilen Erbsengröße erreichen, tritt das Zement fast ganz zurück. Oolithische Kalksteine sind besonders in der oberen Juraformation häufig, weshalb dieselbe oft kurzweg als „Oolith“, „Oolithformation“ bezeichnet wird.

Das, was makroskopisch als Oolith erscheint, kann bei genauerer Betrachtung als ganz verschiedenartige Bildung sich erweisen. Der Karlsbader Erbsenstein entsteht dadurch, daß im aufquellenden Wasser kleine Sandpartikelchen in steter Bewegung sich erhalten,

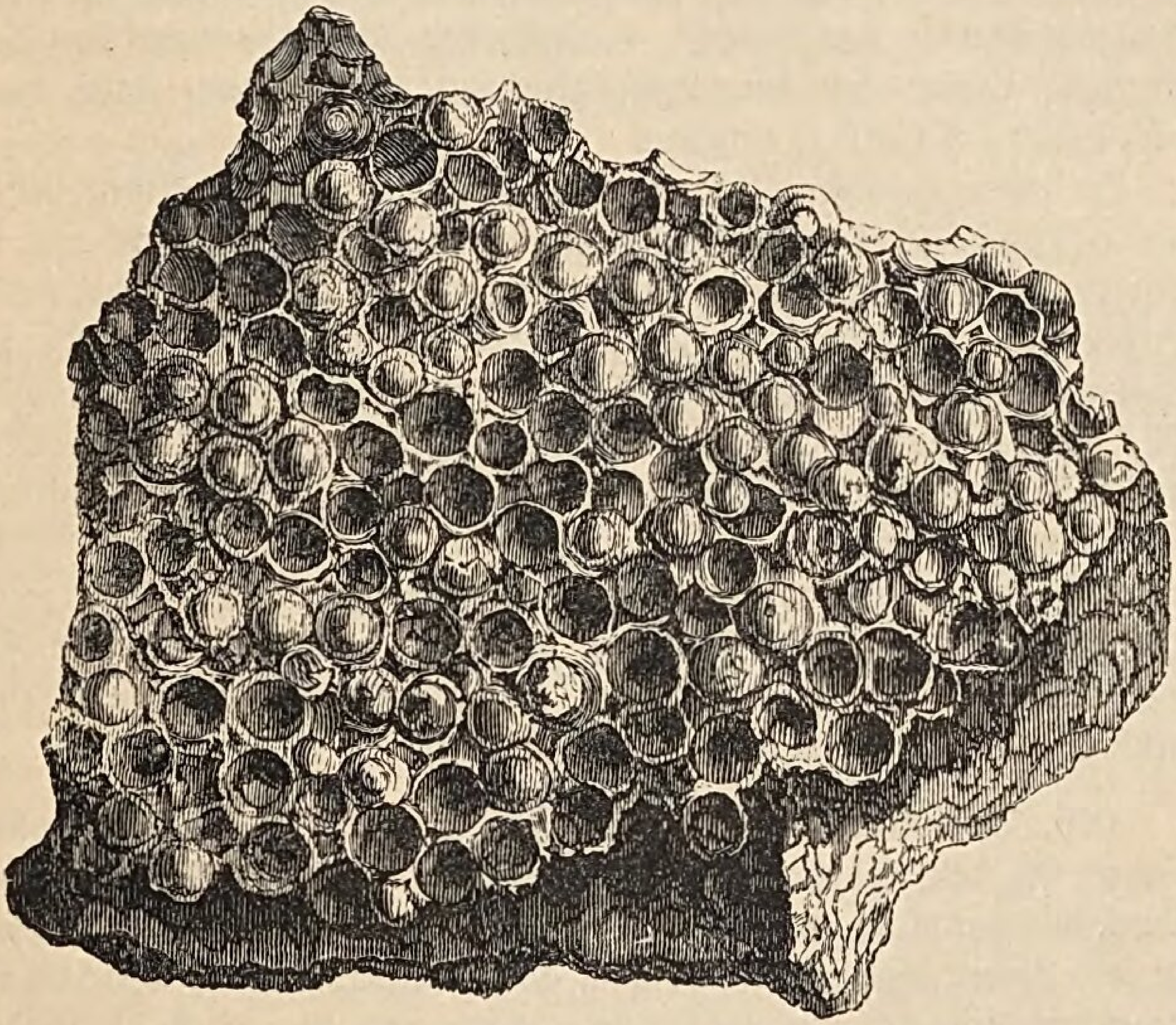


Fig. 36.

dabei von Kalkschalen umgeben werden und schließlich niedersinken. Andere Oolithe sind durch organische Thätigkeit (z. B. Spaltalgen) entstanden, von vielen ist die Entstehungsweise unbekannt. Nicht selten bestehen die Oolithe nur aus abgerundeten und zusammengeschwemmten Kalkkörnchen (häufig Partikelchen von Petrefakten u. dergl.).

128. **Sphärolithische Struktur.** Sie gleicht im allgemeinen der vorigen. Sie ist eine Folge eines bestimmten Erstarrungsprozesses, der darin besteht, daß gleichartige (sphärolithische Struktur) oder ungleichartige (pseudosphärolithische Struktur) nadelförmige Mineralien sich um einen Kern radial anordnen. Die dadurch entstehenden Kugeln zeigen sehr häufig eine

scharfe Grenze gegen die übrige Gesteinsmasse. Zwischen + Nicols zeigen die Sphärolithe ein dunkles Kreuz, dessen Arme den Hauptschnitten der Nicols parallel sind, die Pseudosphärolithe dagegen sind von mehreren schwarzen Balken in einer von der obigen abweichenden Anordnung durchzogen. Diese Strukturform läßt sich in der Grundmasse mancher Porphyre, in Pechsteinen und glasigen jüngeren Eruptivgesteinen beobachten. — Zuweilen sind die nadelförmigen Krystalle radial um eine Linie geordnet, in welchem Falle man die Gebilde Axiolithe nennt.

In einem gewissen Zusammenhange mit den Sphärolithen stehen die Lithophysen, insofern nämlich, als letztere vielleicht nur in besonderer Art entwickelte Sphärolithe sind. Man versteht unter Lithophysen eigentümliche kugelige oder birnenförmige Gebilde im Innern von Eruptivgesteinen (Rhyolithe, Basalte, Quarzporphyre rc.). Sie bestehen aus voneinander teilweise getrennten Lamellen, gebildet aus Quarz, Tridymit, Feldspat u. dergl.; die Lamellen sind zwiebelschalenartig angeordnet, oft umschließen sie einen Hohlraum, in welchen die Blätter rosettenförmig hineingebogen sind. Ueber ihre Bildungsweise ist nichts Sicheres bekannt; wahrscheinlich sind sie, wie erwähnt, Sphärolithe, deren konzentrische Schalen durch eingeschlossenen Wasserdampf getrennt wurden.

129. Variolithische Struktur. In manchen krystallinen Gesteinen finden sich den Sphärolithen ähnliche Konkretionen, welche zuweilen ebenfalls verwischt radial-faserige und konzentrisch-schalige Textur, in der Regel aber einen Aufbau aus unregelmäßig durcheinanderliegenden Körnchen und Nädelchen zeigen und nie gegen die übrige Gesteinsmasse scharf absetzen, sondern allmählich in dieselbe verfließen. Diese wahrscheinlich aus Feldspat bestehenden Konkretionen sind übrigens ihrer Natur nach noch nicht aufgeklärt. Treten infolge von Verwitterung des Gesteines diese Konkretionen als Erhöhungen an der Oberfläche des Gesteines hervor, so werden solche Gesteine Blatternsteine genannt. Aehnlich sind die knotenförmigen Konkretionen der sogenannten Knoten- und Fruchtschiefer.

130. Gebänderte Struktur (Lagenstruktur). Von geringerer Wichtigkeit und nicht besonders häufig sind Strukturmodifikationen, welche durch verschieden gefärbte Lagen hervorgebracht werden, die entweder in paralleler Richtung oder durcheinandergeflochten das Gestein durchsetzen.

131. Schlieren. Innerhalb größerer sonst gleichartig zusammengesetzter Massen eruptiver Gesteine treten öfter lokal beschränkte, aus der Hauptmasse des Gesteins allmählich hervorgehende und mit ihr verschmelzende Partien von abweichender Struktur oder chemischer oder mineralogischer Zusammensetzung auf. Solche Bildungen nennt man Schlieren. Sie können entstanden sein aus einem ursprünglich nicht vollkommen homogenen Magma, „Konstitutionsschlieren“, oder durch spätere Nachschübe, „Injektionsschlieren“, oder auch durch andere Ursachen.

II. Mikrostruktur der krystallinen Gesteine.

132. Allgemeines. Selbstverständlich wiederholen sich unter dem Mikroskope im wesentlichen dieselben Strukturmodifikationen, welche auch makroskopisch erkannt werden, wobei jedoch das gegenseitige Verhältnis der Bestandteile natürlich viel genauer zur Anschauung kommt. Besonders gilt letzteres von den sogenannten aphanitischen Gesteine und der Grundmasse der Porphyre, deren Strukturverhältnisse makroskopisch nicht genau erkannt werden können. Außerdem aber gelangt unter dem Mikroskop eine Reihe von Struktureigentümlichkeiten zur Anschauung, die eine besondere Bezeichnung notwendig machen. Wir können hier nur einige der wichtigsten Verhältnisse hervorheben.

133. Mikro- und kryptokrystallin. Erweist sich die Grundmasse porphyrischer, sowie die Gesteinsmasse aphanitischer Gesteine unter dem Mikroskope als ein rein krystallines Aggregat wenn auch sehr kleiner, doch ihrer Natur nach immer noch bestimmbarer Mineralien, so heißt dieselbe mikrokrystallin; läßt sich dagegen eine solche Gesteinsmasse zwischen den Nicols zwar als ein durchaus krystallines Aggregat erkennen, ohne daß aber wegen der Kleinheit der Individuen ihre mineralogische Natur bestimmt werden könnte, so liegt ein kryptokrystallines Aggregat vor. Dabei ist natürlich unter einem Krystallindividuum nicht nur ein allseitig begrenzter Krystall, sondern jeder auf polarisiertes Licht einheitlich wirksame Mineralkörper ohne Rücksicht auf seine äußere Begrenzung verstanden.

134. Holokrystallin, hemikrystallin und glasig. Besteht ein Gestein nur aus krystallinen Individuen, so nennt man es holokrystallin. Findet sich neben den krystallinen Ausscheidungen noch eine nicht individualisierte Masse, so spricht man von einem hemikrystallinen (hypokrystallinen) Gesteine. Glasig (amorph)

nennt man ein Gestein dann, wenn seine Hauptmasse aus amorphem Glas mit nur untergeordneten krystallinen Ausscheidungen besteht.

Bei holokrystallinen Gesteinen können sämtliche Gemengteile gleichzeitig gebildet worden sein, so daß sie sich gegenseitig in der Entwickelung der äußeren Form hinderten und daher keine eigene krystallographische Umgrenzung haben, sämtliche Gemengteile sind xenomorph (Granit, Syenit, die Grundmasse mancher Porphyrgesteine). Oder es sind einzelne Gemengteile früher zur Ausscheidung gekommen als die übrigen. Erstere besitzen daher eine selbständige äußere Form, sie sind idiomorph, während die übrigen xenomorph sind. Als besondere Fälle der letzteren Ausbildungsweise wird die sogen. ophitische Struktur (auch Intersertalstruktur) hervorgehoben, welche besonders schön bei Diabasen und manchen Basalten (Dolerit, Anamesit) entwickelt ist. Hier füllt die Zwischenräume zwischen den idiomorphen Feldspaten (Plagioklas) xenomorpher Augit (auch Hornblende, Olivin u. dergl.) aus.

Bei halbkrystalliner Ausbildung zeigt die nicht krystallisierte Masse, die sogen. Basis, sehr mannigfaltige Formen. Sie ist entweder ein reines Glas, oder es zeigen sich in ihr sogenannte „Entglasungsprodukte“ in Form von Nädelchen, Härchen, Kügelchen u. dergl., wie wir sie vorn (s. Nr. 45—47) als Mikrolithen und Krystalliten beschrieben haben. Zuweilen mehren sich diese Entglasungsprodukte derart, daß sie das reine Glas vollständig verdrängen. Eine eigentümliche Form der Basis ist die im folgenden Absatze beschriebene Ausbildungsweise.

135. **Mikrofelsit.** Unter Felsit versteht man wie oben (S. 87) bemerkt die feldspatige Grundmasse der Porphyre. Der sogenannte Mikrofelsit oder die mikrofelsitische Basis ist eine mikroskopische Strukturvarietät, wobei die mineralogische Natur durchaus nicht in Betracht kommt. Man versteht darunter eine eigentümliche Erstarrungsmodifikation, welche sozusagen in der Mitte zwischen dem amorphen und dem krystallinen Zustande liegt und die mit den drei eben erwähnten Ausbildungsweisen innig verknüpft besonders in der Grundmasse porphyrischer Gesteine auftritt. Sie erscheint „sehr häufig als ein hauchdünner Schleier“, welcher die übrigen krystallinen Ausscheidungen „in allen Richtungen überzieht und umschlingt“, entweder farblos oder graulich, gelblich bis bräunlich gefärbt ist und sich zwischen den Nicols wie ein amorphes Glas verhält, sich aber von einem solchen dadurch unterscheidet, „daß sie

nicht absolut strukturlos erscheint, sondern vielmehr in ihrer gesamten oder nahezu gesamten Ausdehnung aus allerkleinsten Fäden, Schuppen, Körnern oder Körnerhaufen und anderen Verwachsungs- und Verbindungsformen zusammengesetzt ist“ (Zirkel).

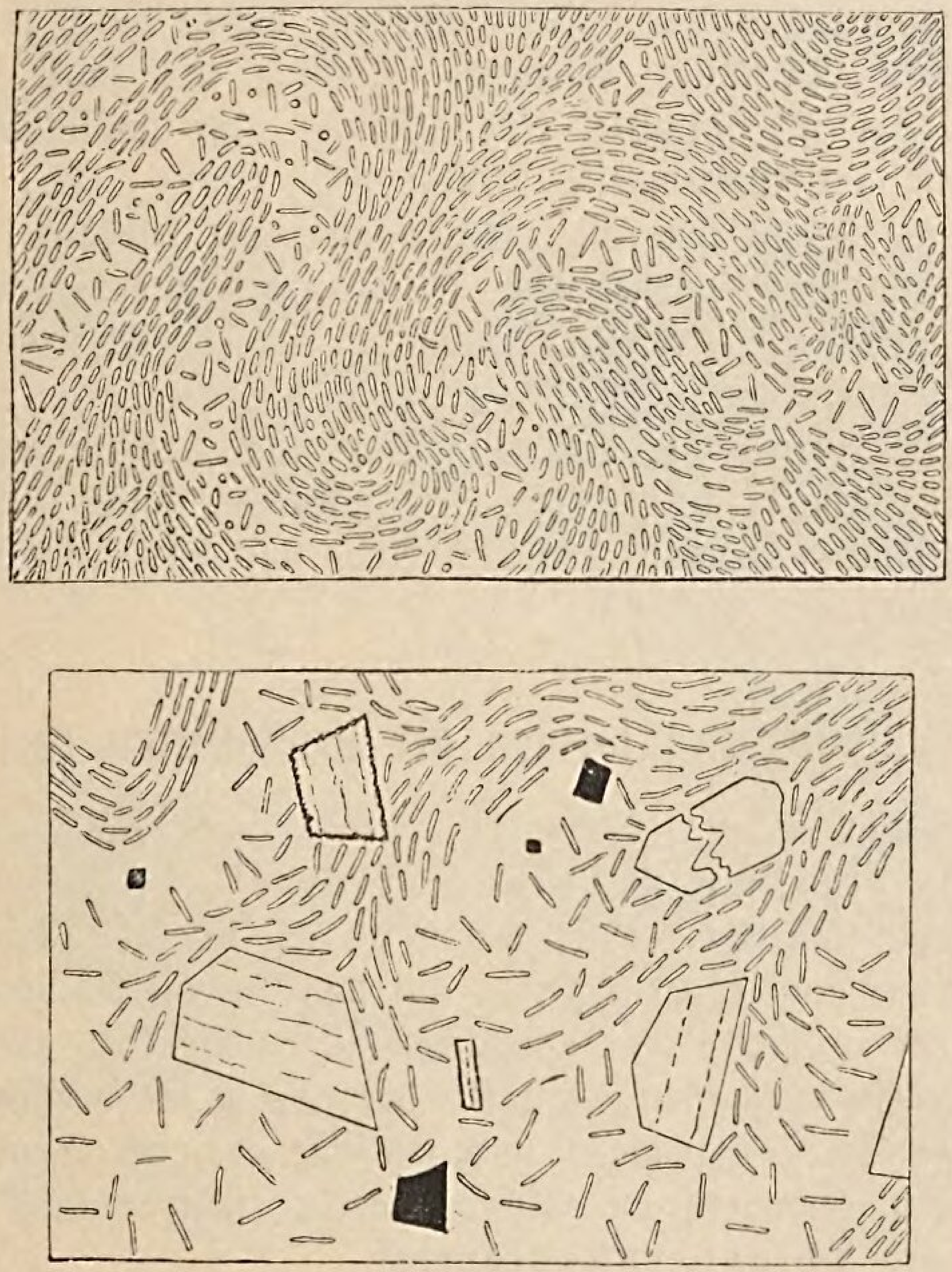


Fig. 37.

136. Mikrofluidalstruktur. Eine besondere Erwähnung verdient hier eine, wenn auch zuweilen makroskopisch bemerkbare, doch vorwiegend mikroskopische Strukturform, welche mit Rücksicht auf ihre Entstehung durch Bewegung der noch weichen Gesteinsmasse Fluidalstruktur (Fluktuationsstruktur) genannt wurde. Man beobachtet nämlich in vielen natürlichen Gläsern (Obsidian) und anderen aus einem Schmelzflusse entstandenen Gesteinen, z. B. Trachyten 2c., daß die mikroskopischen Krystalle und die Mikrolithen mit ihrer Längs-

achse parallel angeordnet in Strömen und Schwärmen durch das Gestein verteilt sind und die größeren Ausscheidungen umfließen oder an denselben sich spalten, als ob sich die größeren Individuen ihrer Bewegung in den Weg gestellt hätten. Besser als jede Beschreibung wird vorstehende Fig. 37 diese Verhältnisse erläutern.

137. **Kataklasstruktur.** Bei Gesteinen, welche durch mechanische Einwirkungen (Pressung, Faltung, Zerrung ꝛc.) stark beeinflußt wurden, zeigt sich mitunter eine teilweise oder vollständige Zertrümmerung der Gemengteile. Man sieht dann z. B., daß sich Quarz- und Feldspatkrystalle nicht unmittelbar berühren, sondern daß sie mit einer Zone von Bruchpartikelchen umgeben sind. Manchmal sind die Krystalle vollständig in ein Aggregat solcher Bruchstücke aufgelöst. Die Bewegungen der Gesteinsmasse zeigen sich dann mitunter darin, daß diese Bruchstücke streifen- oder bandförmig angeordnet sind. Zuweilen umziehen solche Bruchzonen größere Krystalle in ganz derselben Art, wie dies bei der Mikrofluidalstruktur der Fall ist.

III. Absonderungsformen der krystallinen Gesteine.

138. **Erläuterung.** Wenn ein Gestein aus dem feuerflüssigen Zustand in den festen übergeht, so kontrahiert es sich. Die Folge davon sind Spalten, welche oft erst bei der Verwitterung oder nach mechanischer Einwirkung auf das Gestein sichtbar werden. Je nach der größeren oder geringeren Regelmäßigkeit, mit welcher sie das Gestein durchsetzen, läßt sich dasselbe in mehr oder weniger regelmäßige Stücke zerschlagen und erscheint nach der Verwitterung, die natürlich besonders an solchen Spalten sichtbar wird, in oft merkwürdigen Absonderungsformen.

139. **Unregelmäßig polyedrische Absonderung.** Sie entsteht dadurch, daß ganz unregelmäßige Spalten das Gestein nach allen Richtungen hin durchsetzen, wodurch dasselbe in ebenflächig unregelmäßig begrenzte Stücke zerfällt. Eine der häufigsten Absonderungsformen älterer und jüngerer Eruptivgesteine.

140. **Kubische Absonderung.** Dabei zerfällt das Gestein in kubische (oder auch polyedrische) Stücke. Bei der Verwitterung runden sich die Kanten ab, wodurch Formen entstehen, welche übereinanderliegenden Mehlsäcken ähnlich sehen (sackförmige Absonderung). Granite.

141. Plattenförmige Absonderung. Die Spalten sind unter sich parallel und durchsetzen das Gestein in meist nicht bedeutenden Zwischenräumen und häufig in der Richtung parallel der Oberfläche, so daß aus dem Gestein sehr leicht gewöhnlich schön ebenflächige Platten gebrochen werden können. Diese Absonderungsform giebt massigen Gesteinen zuweilen das Ansehen von geschichteten. Manchmal an Graniten, Porphyren und sehr schön an Basalten und Phonolithen.

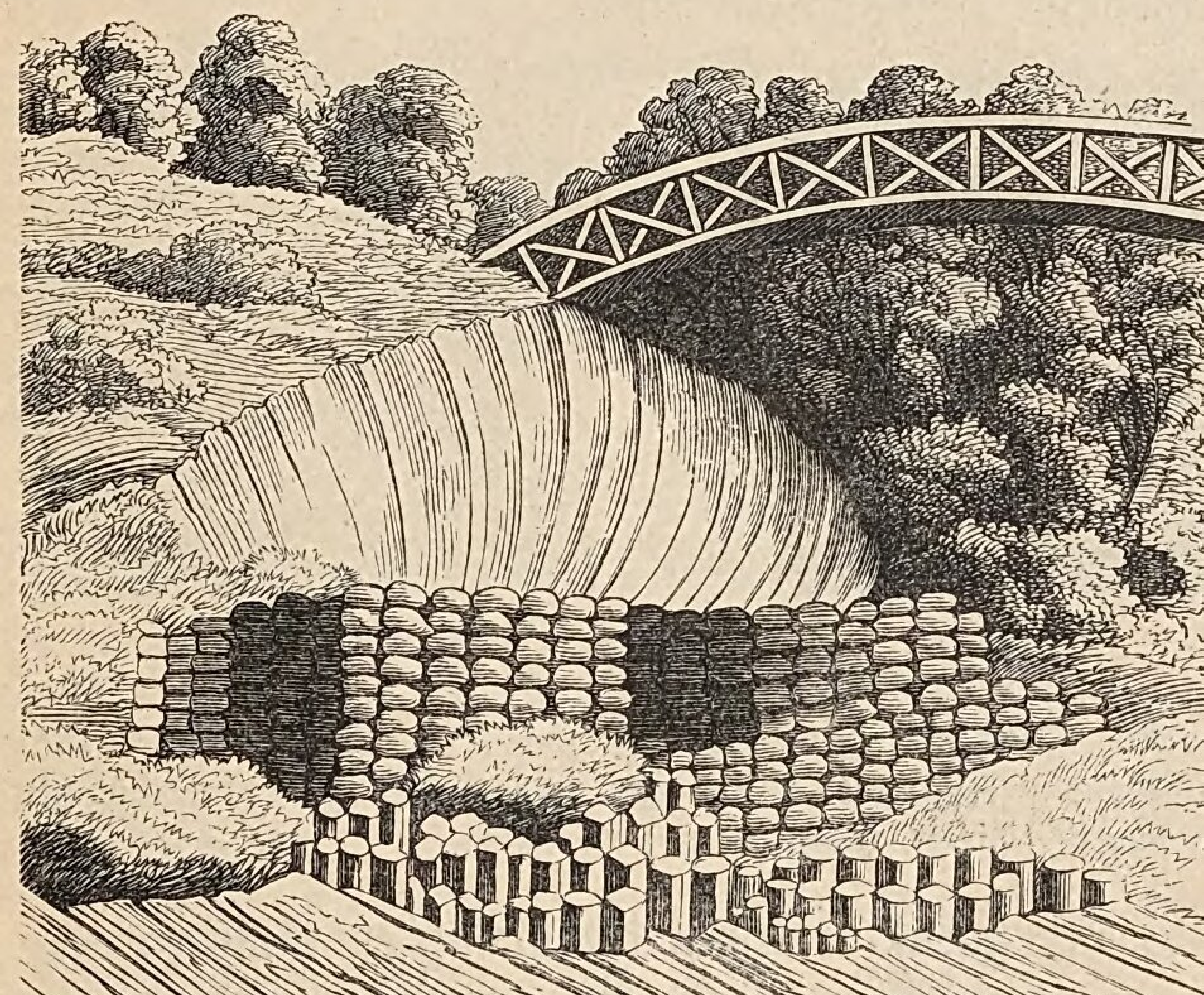


Fig. 38.

142. Säulenförmige Absonderung. Sie ist eine der schönsten Absonderungsformen; dabei entstehen gerade oder etwas gekrümmte, zuweilen bis an 100 m lange und 7 m breite fünf- bis sechsseitige Prismen (Säulen), welche in der Regel auf der Oberfläche des erstarrten Gesteins senkrecht stehen. Die Winkel der Prismenflächen sind verschieden. Manchmal findet eine Querabsonderung statt, so daß die Säulen in zahlreiche Stücke zerfallen. Besonders schön bei Basalten, dann aber auch bei Trachyten und Porphyren, seltener bei Sedimentgesteinen (Gips, Sandstein) zu beobachten (vergl. Fig. 38).

143. **Kugelförmige** (sphäroidale) **Absonderung.** Findet sich bei zahlreichen Eruptivgesteinen, besonders bei Diabasen, Porphyren, Basalt und Trachyt u. a. Die Kugeln, welche meist erst bei der Verwitterung hervortreten, zeigen zuweilen konzentrisch schalige Struktur (vergl. Fig. 39).



Fig. 39.

Aus kleinen Kugeln ist der sogenannte Kugeldiorit von Corsica aufgebaut. Aehnliche Bildungen finden sich auch in manchen Porphyren (Tirol), Graniten und Gabbros.

IV. Strukturformen der klastischen Gesteine.

144. **Erklärung.** Die Strukturmodifikationen der klastischen Gesteine werden vorzüglich durch das Größenverhältnis der Gesteinsbruchstücke bedingt. Mit Rücksicht darauf zerfallen die klastischen Gesteine in Psephite, Psammite und Pelite. Alle diese Gesteine zeigen ein mehr oder weniger vorwaltendes, oft fast ganz zurücktretendes Bindemittel (Zement), welches die einzelnen Bruchstücke verkittet. Fehlt dieses gänzlich, so werden die losen Gesteinsmassen mit dem Namen Schutt, Gerölle, Geschiebe bezeichnet.

Als Strukturformen kann man auch jene Erscheinungen bezeichnen, welche an Sedimentgesteinen infolge von Aenderungen, Unterbrechungen und anderen Störungen im Absatze des Gesteinsmaterials entstehen, vergl. Schichtung.

145. Psephite. Die Bruchstücke sind größer als eine Haselnuß. Dabei unterscheidet man Konglomerate, wenn die verkitteten Bruchstücke abgerundet sind, und Breccien, welche aus verkitteten eckigen Bruchstücken bestehen. Interessant sind die Eindrücke, welche manche Geschiebe von anderen Geschieben zeigen. Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung teils auf die auflösende Wirkung des Bindemittels, teils auf den Druck oder auch auf eine gewisse Plastizität, in welcher sich die Gerölle befunden haben sollen, und andere Ursachen hingewiesen.

146. Psammite. Hierher gehören die Sandsteine. Die zusammensetzenden Bestandteile sinken von Erbsengröße bis zur Grenze des mit freiem Auge wahrnehmbaren herab. Manchmal gehören die Körner einem einzigen Minerale an (Quarz), häufig aber verschiedenen Mineralien und Gesteinen. Da das Bindemittel oft sehr zurücktritt und die einzelnen Bruchstücke oft eine sehr scharfkantige Gestalt besitzen, so ist eine Verwechselung mit einem krystallinen Gesteine zuweilen leicht möglich.

147. Pelite. Ist ein Gestein aus schlamm- und staubähnlichen Teilen älterer Gesteine zusammengesetzt, so heißt seine Struktur eine pelitische. Die Dimensionen der zusammensetzenden Elemente sind oft so winzig, daß selbst das Mikroskop über ihre Natur keinen sicheren Aufschluß giebt. Selbstverständlich ist es hier noch schwieriger das Zement anders als auf chemischem Wege aufzufinden. Die hierher gehörigen Gesteine zeigen häufig schiefrige Struktur (Thonschiefer, Schieferthon).

Dialytische oder limmatische Gesteine werden jene genannt, welche durch Zersetzung anderer, krystalliner oder klastischer Gesteine entstanden sind (Kaoline, Thone).

148. Schutt, Gerölle, Geschiebe, Gruß, Sand sind Bezeichnungen für Bruchstücke älterer Gesteine, welche nicht durch ein Zement verbunden sind. Dabei beschränkt man mit Vorteil den Ausdruck Schutt auf Haufwerke eckiger Bruchstücke, wie sie bei der Verwitterung der Gesteine und andern, eine Zertrümmerung hervorrufenden Vorgängen gebildet werden. Schutt liegt am Orte seiner Entstehung oder wird zu Zeiten außerordentlicher Ereignisse bei Bergstürzen, -schlipfen, Murbrüchen u. dergl. oder auch auf der Oberfläche der Gletscher kürzere oder längere Strecken weit transportiert, ohne daß dadurch die eckige Form der Bruchstücke wesentlich geändert oder durch Schlämmung eine Sonderung des Kornes

hervorgebracht wurde. Unter Gerölle versteht man die im fließenden Wasser gerundeten größeren Gesteinsbruchstücke. Geschiebe sind am Grunde der Gletscher durch den fortschreitenden Eisstrom transportierte und dabei eigenartig veränderte Schuttmassen. Die ursprünglich scharfen Kanten und Ecken werden dabei gerundet, die Flächen werden geglättet, poliert und erhalten häufig nach verschiedenen Richtungen sich kreuzende Ritzen (vergl. Fig 40). Gruß besteht aus größeren (bis zu Erbsengröße herabsinkenden) eckigen oder gerundeten Gesteinsfragmenten, Sand aus kleineren ebensolchen.

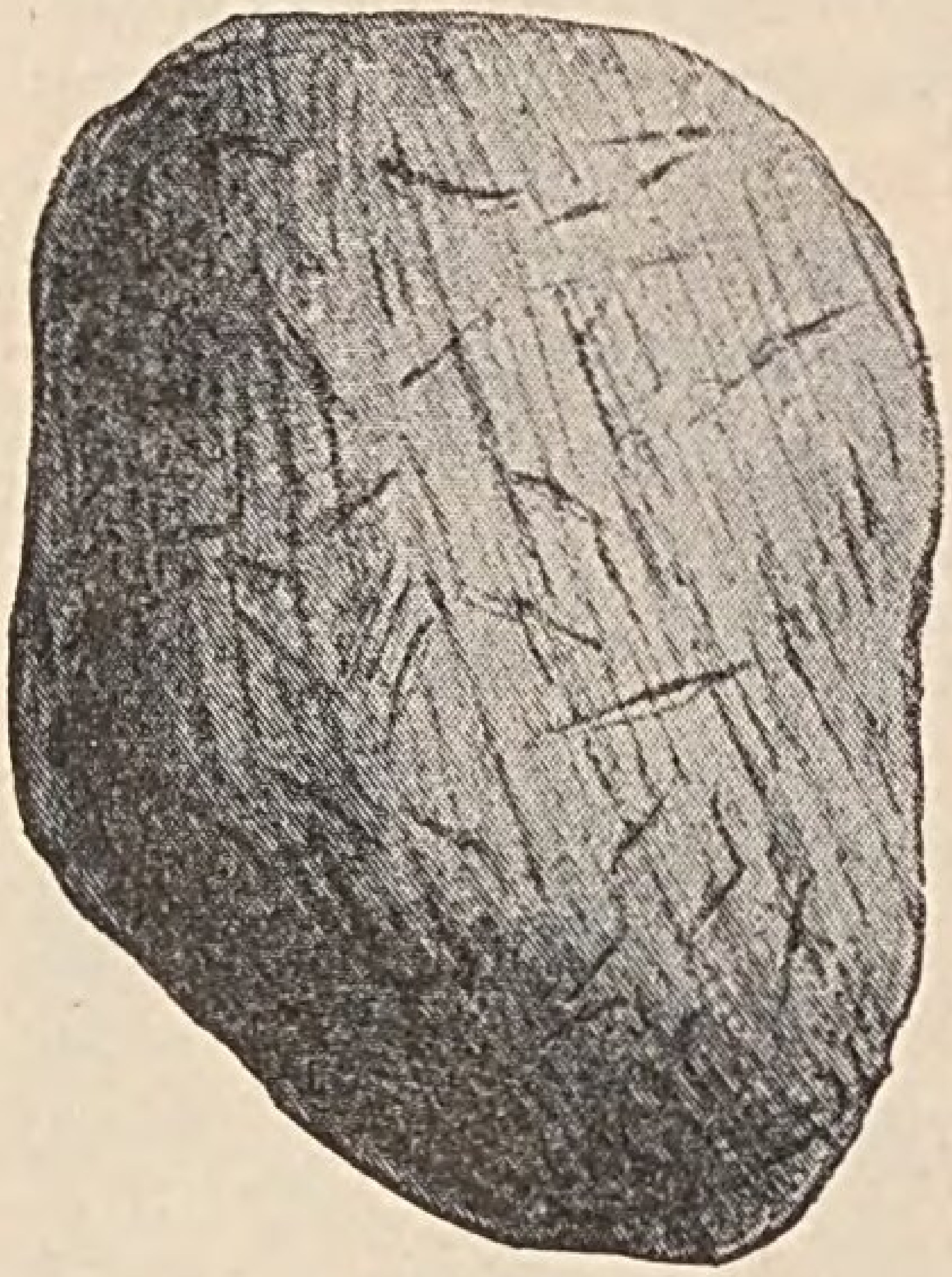


Fig. 40.

Hierher sind auch die vulkanischen Aschen, Bomben und Lapilli (Rapilli) zu rechnen. Es sind dies aus vulkanischem Glase bestehende staubförmige Partikelchen oder größere, oft seltsam geformte Stücke, welche bei einer vulkanischen Eruption aus dem mit Wasserdämpfen emporgeschleuderten und in der Luft zerstäubten glutflüssigen Magma entstanden sind und als Aschen- oder Gesteinsregen niederfallen.

V. Absonderungsformen der klastischen Gesteine.

149. Erklärung. Der Grund der verschiedenen Absonderungsformen liegt hier in der Austrocknung der Gesteine, wodurch Klüfte (Synklasen) enstehen, und im äußeren Druck. Besonders deutliche Absonderungsformen zeigen Sand- und Thonsteine. Wenn sich auch alle bei den Eruptivgesteinen aufgezählten Formen hier wiederfinden, so sind es doch vorwaltend die unregelmäßige und die kubische Absonderung, welche besondere Erwähnung verdienen. Die unregelmäßige findet sich bei allen Thongesteinen und bei vielen Tuffen; schöne kubische Absonderung zeigen die sogenannten Quadersandsteine (vergl. Fig. 41) der Kreideformation; plattenförmige Absonderungen finden sich meist parallel der Schichtung.

150. **Transversalschieferung** (Cleavage). Eine eigentümliche Absonderungsform ist die sogenannte transversale Schieferung, welche namentlich die Thonschiefer in ausgezeichneter Weise zeigen. Die Erscheinung besteht darin, daß eine Schieferung das Gestein durchsetzt, welche nicht mit der Schichtung parallel läuft, sondern sie unter irgend einem Winkel

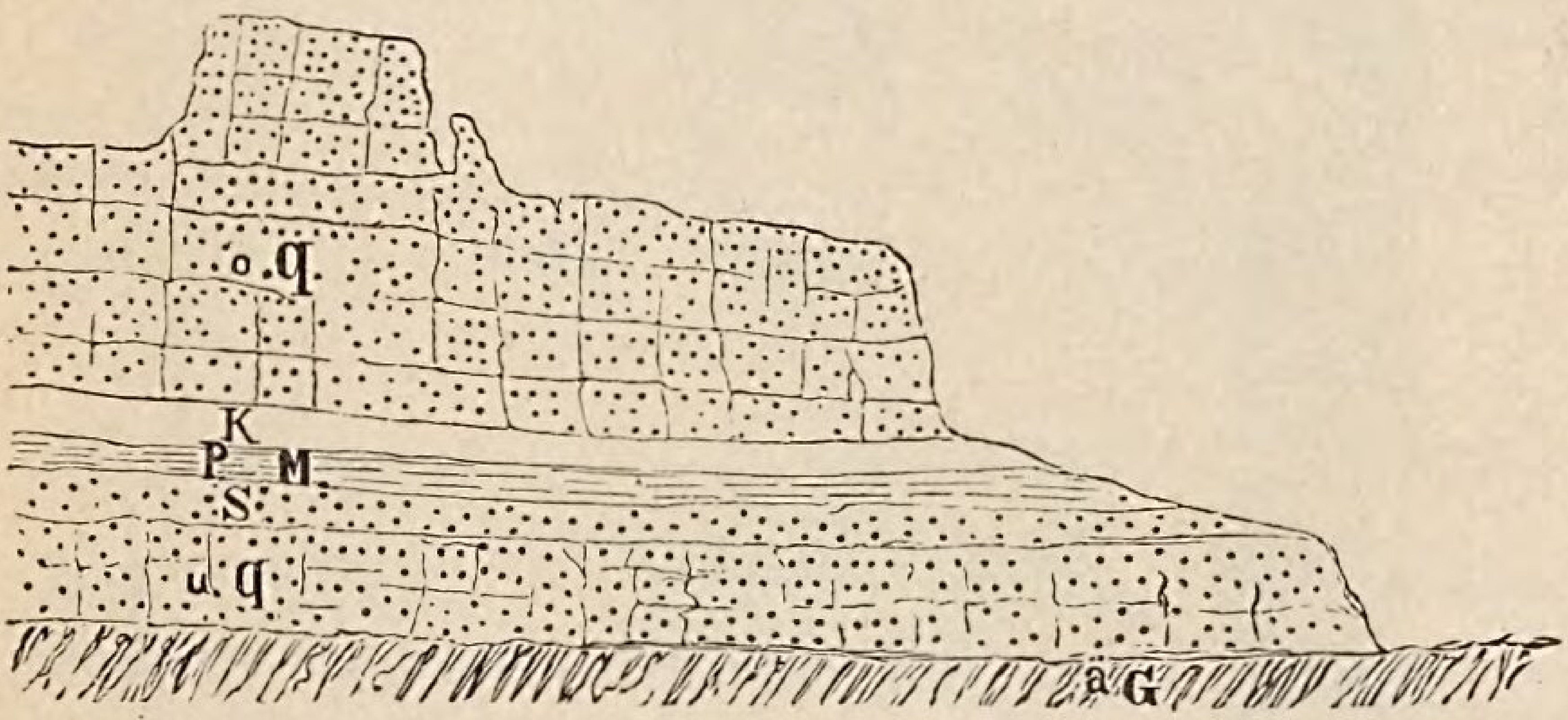


Fig. 41.

durchschneidet (falsche Schieferung). Oft ist die ursprüngliche Schichtung beinahe vollständig verwischt, manchmal aber auch sehr gut erhalten, wodurch die sogenannte griffelförmige Absonderung entsteht (Griffelschiefer). Da die Transversalschieferung nur an stark gestörten Schichten auftritt und dann mit großer Konstanz in gleicher

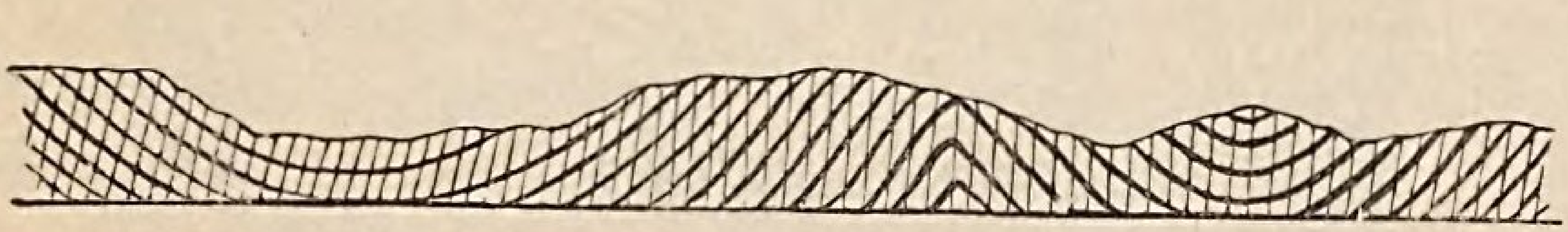


Fig. 42.

Richtung durch alle Biegungen und Faltungen des Gesteins hindurchsetzt (vgl. Fig. 42), so hält man sie für eine Folge des Druckes (daher auch „Druckschieferung", „Ausweichungscleavage" genannt), welcher die Schichtenstörung hervorgerufen hat, eine Annahme, die durch den direkten Versuch (in Lehm unregelmäßig eingestreute Glimmerplättchen wurden durch seitlichen Druck alle unter sich parallel und senkrecht auf die Druckrichtung gestellt) bestätigt wurde.

151. Stylithen. Eine ganz eigenartige, vielleicht hierher zu rechnende Bildung sind die sog. Stylithen. Es sind dies besonders

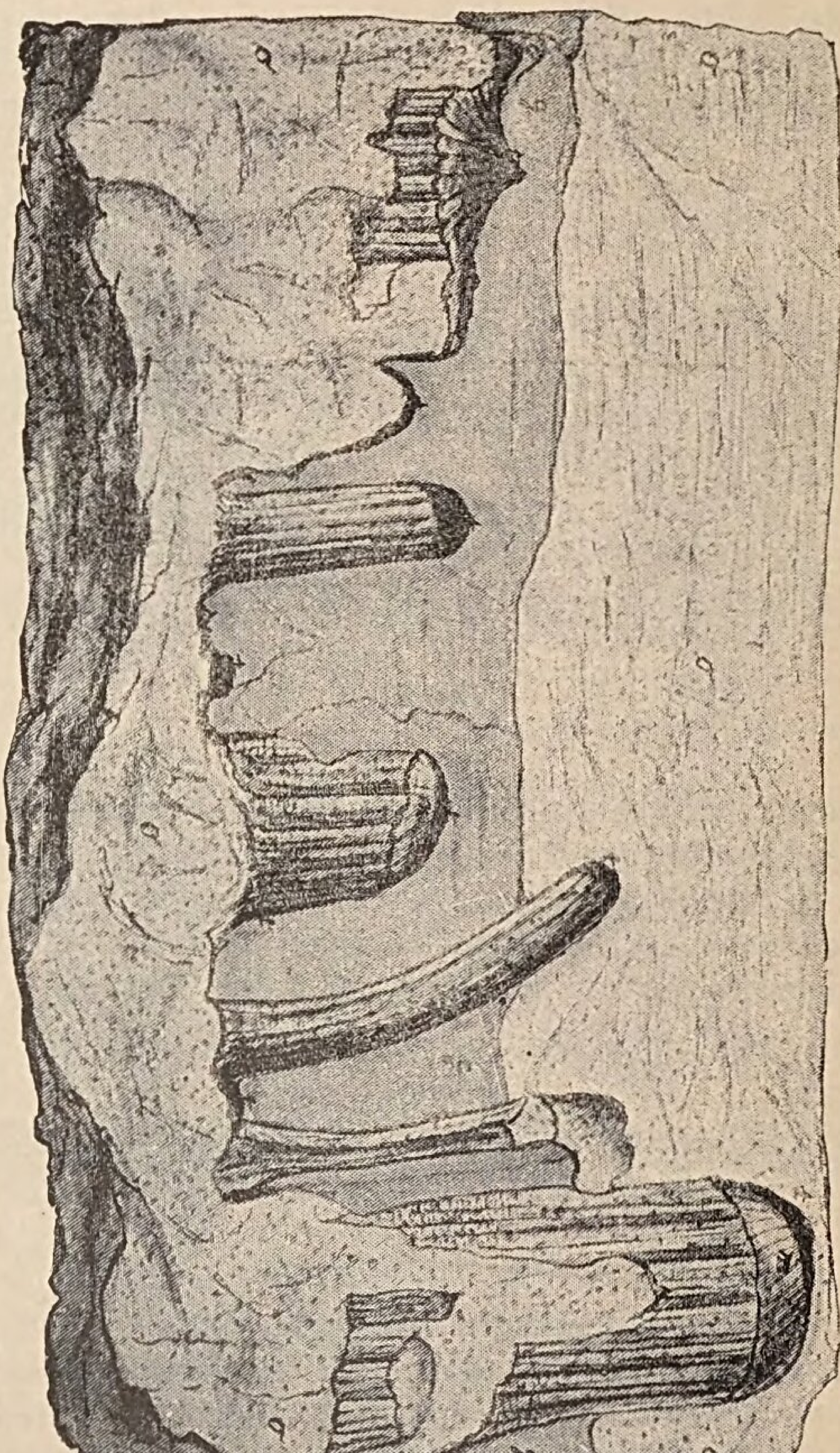


Fig. 43.

im Kalksteine (Muschelkalk, Jurakalk) vorkommende zapfenartige Gebilde, welche von einer Schicht in die nächste darüberliegende

hineinragen. Die einzeln oder in Gruppen vorkommenden Zapfen bestehen aus demselben Kalk wie die Umgebung; sie sind gerade oder gekrümmt, der Länge nach gerillt, häufig mit etwas Thon umgeben und tragen nicht selten auch auf der Spitze ein kleines Thonkäppchen oder einen Fossilrest. Man erklärt sich die Bildung in folgender Weise. Beim Verfestigen der Schichten zerrissen dieselben und zerfielen in Stücke. Die größeren und schwereren derselben sanken in die noch weiche Unterlage ein und preßten so von der Masse der letzteren Teile in die Zwischenräume nach oben. Daher die Kannelierung, daher das Thonkäppchen, welches nichts anderes ist als ein weit emporgetragener Teil der thonigen Zwischenlage zwischen den Schichten (vergl. Fig. 43).

C. Physikalische und chemische Eigenschaften.

152. **Erklärung.** Die hier in Betracht kommenden physikalischen Eigenschaften der Gesteine sind Bruch, Härte, Farbe, Glanz, Schmelzbarkeit und spezifisches Gewicht. Mit Ausnahme der letzten Eigenschaft treten sie gegenüber den physikalischen Eigenschaften der einzelnen zusammensetzenden Mineralien nur bei jenen Gesteinen in den Vordergrund, in welchen die Gemengteile zu solcher Kleinheit herabsinken, daß nicht jeder einzelne dem Auge sich sofort mit seinen spezifischen Eigenschaften präsentiert, also in den kryptomeren Gesteinen. Hier stellt sich das Gestein (das Handstück) als solches gewissermaßen als Individuum dar und kann auf seine Eigenschaften geprüft werden. Spezifisches Gewicht und die chemische Zusammensetzung sind aber auch bei den phaneromeren Gesteinen für die Beurteilung des mineralogischen Bestandes wertvolle Größen.

153. **Konsistenz, Härte, Bruch.** Die größere oder geringere Festigkeit eines Gesteins hängt natürlich zunächst von der Natur der zusammensetzenden Bestandteile und von seiner Struktur, aber auch von dem Grade der Zersetzung, welcher das Gestein anheimgefallen ist, ab. Die krystallinen gemengten Massengesteine sind unzersetzt meist sehr kompakt und hart, von splitterigem, unebenem oder muscheligem Bruch und geben je nach ihrem Gehalt an freier Kieselsäure mit dem Hammer Funken; doch giebt es auch unter ihnen solche, welche infolge ihrer porösen, blasigen und schlackigen Struktur selbst im unzersetzten Zustande

alle diese Eigenschaften nicht zeigen, leicht zerschlagen und zerrieben werden können, deren Pulver jedoch stets eine bedeutende Härte zeigt. Sedimentäre und besonders klastische Gesteine besitzen gewöhnlich geringere Härte, manchmal eine erdige (Kreide), oft leicht zerreibliche Beschaffenheit (Thone) mit mattem, unebenem Bruche und niedriger Härte. Krystalline einfache Gesteine zeigen natürlich dieselben physikalischen Eigenschaften wie das Mineral, aus dem sie bestehen. Alle Gesteine können aber durch den Einfluß der Atmosphärilien verwittern (zersetzt werden), woraus eine poröse, erdige und zerreibliche Beschaffenheit resultiert. Selbst die quarzreichsten Gesteine können durch Verwitterung der übrigen Bestandteile in Sand und Gruß zerfallen, in welchem nur die Quarzkörner und -krystalle unverletzt zurückgeblieben sind, und es ist wohl denkbar, daß manche vorwiegend aus Quarzkrystallen und -körnern bestehenden Sandsteine einer derartigen Zersetzung quarzführender Gesteine, deren übrige aufgelöste Bestandteile nach und nach weggeführt worden sind, ihr Dasein verdanken.

154. **Farbe, Glanz.** Nur kryptomere Gesteine zeigen eine einheitliche Farbe und gleichmäßigen Glanz. Die Farbe eines Gesteines ist zunächst von der Farbe der mineralischen Gemengteile, dann aber auch von winzigen, oft staubähnlichen Gebilden und Pigmenten, welche die Gesteinsmasse gewissermaßen imprägnieren, oder von zahlreichen gefärbten Glaspartikeln und dergleichen abhängig. Verändert wird die Farbe durch Zersetzung, wodurch manche Gesteine gebleicht, andere durch Oxydation des Eisens gelb, braun, rötlich gefärbt werden. Erdige Gesteine sind matt, sehr fein krystallinische zeigen bei Bewegung des Handstückes im auffallenden Lichte ein Aufblitzen von, wenn auch sehr winzigen, Krystallflächen. Glasige Gesteine zeigen Glas-, häufiger Fettglanz. Durch die Verwitterung wird der Glanz selbstverständlich ebenfalls geändert. Eine gewisse Pellucidität zeigen nur hyaline und porodine Gesteine.

155. **Schmelzbarkeit.** Sie hängt selbstredend von der Zusammensetzung des Gesteins ab. Bei aphanitischen Gesteinen bietet sie gewisse Anhaltspunkte für Schlüsse auf die Natur der zusammensetzenden Elemente. So kann eine verhältnismäßig leicht schmelzende Gesteinsmasse nicht Quarz enthalten; gewisse Feldspate werden an ihrem Schmelzbarkeitsgrade ziemlich leicht unterschieden; harte, unschmelzbare Gläser dürften viel freie Kieselsäure enthalten u. dergl.

Die übrigen physikalischen Eigenschaften, wie Elastizität, Magnetismus, Elektrizität, Wärmeleitung 2c., finden kaum eine bemerkenswerte Verwendung bei der Charakteristik der Gesteine.

156. **Spezifisches Gewicht.** Die Bestimmung des spez. Gewichtes findet bei gewissen Gesteinen eine Verwendung zur Feststellung des relativen Mengenverhältnisses der Gemengteile. Bei Gesteinen mit nur zwei Gemengteilen, deren spezifisches Gewicht möglichst differiert, kann folgende Formel zur Berechnung dieses Verhältnisses dienen:

$$\frac{v}{v'} = \frac{G - g'}{g - G},$$

wobei v und v′ die relativen Mengen der Bestandteile, g und g′ ihr spezifisches Gewicht und G das spezifische Gewicht des Gesteines bezeichnet.

Bei Gesteinen mit mehr Gemengteilen kann die Kenntnis des spezifischen Gewichtes des Gesteines in Verbindung mit den Resultaten der chemischen Analyse von Wert für die Bestimmung dieses Mengenverhältnisses sein, da das spez. Gewicht eines Gemenges dem des vorwaltenden Gemengteiles jedenfalls am nächsten liegen wird. Bei Silikatgesteinen gilt der Satz, daß mit Zunahme des Kieselsäuregehaltes das spez. Gewicht abnimmt. Die Bestimmung des spez. Gewichtes eines Gesteines geschieht in der gewöhnlichen, für Mineralien üblichen Weise. Handelt es sich um die Bestimmung des spez. Gewichtes von Gesteinspulver, wie es z. B. bei den Methoden der Trennung der Gemengteile erhalten wird, so müssen kompliziertere Wege eingeschlagen werden, die hier nicht beschrieben werden können.

157. **Bauschanalyse.** Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung eines Gesteines hat nicht den Zweck, eine chemische Formel zu finden, durch welche etwa dasselbe vollkommen bestimmt und von anderen unterschieden werden kann, wie dies bei Mineralien (abgesehen von der Polymorphie) der Fall ist. Zahlreiche Analysen haben ergeben, daß Gesteine von der verschiedensten mineralischen Zusammensetzung chemisch nahezu gleich zusammengesetzt sind. Wohl aber kann die chemische Analyse in Verbindung mit morphologischen und physikalischen Beobachtungen Aufschluß über die Natur der Gemengteile, sowie über ihr Mengenverhältnis gewähren. Am besten gelingt dies begreiflicherweise in dem Falle, wo eine Trennung der Gemengteile und so eine gesonderte Analyse derselben möglich

ist. Wo dies nicht geschehen kann, werden Bauschanalysen des fein gepulverten und gut gemengten Gesteins ausgeführt.

Diese haben ergeben, daß ebenso, wie nur verhältnismäßig wenige Mineralien an der Gesteinsbildung teilnehmen, auch nur eine geringe Zahl von Grundverbindungen auftreten. Dieselben sind für die gemengten Gesteine: Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und -oxydul, Kalk- und Bittererde, Kali und Natron, zuweilen etwas Wasser, Spuren von Kohlensäure und geringe Mengen anderer Stoffe (Mangan, Phosphorsäure, Titan ꝛc.). Hervorragende chemische Bestandteile einfacher Gesteine sind außer schon oben genannten: Kohlensäure (im Kalkstein), Schwefelsäure (im Gips und Anhydrit), Chlornatrium (im Steinsalz), der Kohlenstoff (in den Kohlen) und das Wasser (als Eis).

Genaueres darüber, wie aus den Analysenresultaten auf das Mengenverhältnis der Bestandteile geschlossen wird, findet sich in Zirkels „Lehrbuch der Petrographie“ 1893 I, S. 648 ff.

158. Saure und basische Gesteine. Von besonderer Wichtigkeit ist die Bestimmung der Kieselsäure in den feldspatführenden, gemengten Eruptivgesteinen. Ihr Quantitätsverhältnis zu den Basen dient als Grund einer Einteilung der Gesteine in saure (Acidite), wenn der Kieselsäuregehalt zwischen 60 und 80 % liegt, und basische (Basite) mit einem Kieselsäuregehalt unter 60 %. Die sauren Gesteine enthalten in der Regel freie Kieselsäure als Quarz ausgeschieden und die kalkarmen, kalireichen Feldspate mit wenig eisenhaltigen Mineralien, während die basischen keinen oder nur höchst selten Quarz enthalten und reich an kalkhaltigen Feldspaten und Eisenverbindungen sind, welche dann meist ihre dunklen Farben bedingen.

Ist die mineralogische Zusammensetzung zweier Gesteine qualitativ annähernd gleich, so giebt der sog. Sauerstoffquotient ein Bild des Aciditätsverhältnisses derselben. Man versteht darunter den Quotienten Q_o, welchen man erhält durch Division der in Prozenten ausgedrückten Sauerstoffmenge aller Basen O_b durch die ebenso ausgedrückte Sauerstoffmenge der Kieselsäure O_s des Gesteines:

$$Q_o = \frac{O_b}{O_s}.$$

159. Mischungstheorieen. Zur Erklärung der verschiedenen Gesteine, welche zwischen den extrem sauren und extrem basischen liegen, nahm Bunsen an, daß im Innern der Erde in gesonderten

Herden sich zwei verschieden konstituierte Normalschmelzflüsse befinden, von denen der eine, kieselsäurereiche, normaltrachytisch, der andere, kieselsäurearme, normalpyroxenisch genannt wird. Durch Mischung dieser beiden extremen Glieder sollen die verschiedenen Gesteine, deren Kieselsäuregehalt stets zwischen diesen beiden äußersten Grenzen liegt, entstanden sein.

Nach Sartorius von Waltershausen entspringen diese beiden Normalmassen nicht getrennten Herden, sondern sie seien nur Endglieder einer stetig von außen gegen das Erdzentrum an Dichte immer mehr zunehmenden und daher verschieden zusammengesetzten glutflüssigen Masse. Demnach sind die verschiedensauren Gesteine aus verschiedenen Tiefen emporgedrungen.

In neuerer Zeit sind weitere Hypothesen zur Erklärung der verschiedenen Eruptivgesteine aufgetaucht. Sie verfolgen zum Teil einen den vorigen entgegengesetzten Weg, indem sie versuchen die Gesteine nicht so sehr als Mischungen verschiedener im Erdinnern lokal getrennter Magmen anzusehen, als vielmehr darauf ausgehen, die Eruptivgesteine als Produkte der Differenzierung, der Spaltung (Liquation, Saigerung), eines einzigen Magmas zu erklären.

D. Systematik der Gesteine.

160. Schwierigkeiten. Wenn, wie in der organischen Welt, die Natur bei der Bildung und Entwickelung der Körper gleichsam von selbst nach gewissen Prinzipien waltet, so hat das forschende Auge gewöhnlich geringere Schwierigkeiten in der Bei- und Unterordnung der vorliegenden Erscheinungen. Anders ist dies dann, wenn sozusagen zufällig aus dem Chaos der Stoffe Körper bloß nach Maßgabe der eben obwaltenden Verhältnisse sich bilden, wie dies in der unorganischen Natur geschieht. Zwar besteht hier innerhalb gewisser Grenzen, in welchen sich äußere Einflüsse geltend machen, ein viel innigerer Zusammenhang zwischen Stoff und Form als in der organischen Welt, so daß Körper gewöhnlich schon durch ihre chemische Zusammensetzung bestimmt sind, aber die Zugehörigkeit und Abhängigkeit eines Individuums von einem größeren Ganzen ist nirgends in der Weise ausgesprochen wie in letzterer. Die mineralogischen Systeme sind daher sämtlich künstliche.

Doch ist das Mineralindividuum durch die Homogenität der Substanz und die mit ihr wesentlich verknüpfte Form scharf begrenzt und bestimmt und kann als Ausgangspunkt des Systems dienen.

Anders ist es bei den Gesteinen als Mineralaggregaten. Hier fehlt sowohl die innere Homogenität der Masse als auch eine wesentliche äußere Form, welche überall nur das Produkt zufälliger äußerer Grenzen ist. Wollte man aber auch als Einheiten des Systems lokal abgelagerte, wenn auch zufällig begrenzte, aber doch durchaus gleichartige Mineralgemenge ansehen, so findet man, daß nicht einmal diese überall gegeben sind. So ändert sich oft in einer Gesteinsmasse durch Zurücktreten und Neuhinzukommen eines Gemengteiles der Bestand wesentlich; anderseits bleibt sich häufig auch die Struktur des Gemenges nicht durch die ganze Gesteinsmasse gleich, und doch muß derselben eine sehr hervorragende Stelle bei der Bestimmung der Wesenheit eines Gesteines eingeräumt werden.

161. **Gesteinstypen.** Man mußte daher, um zu einem System zu gelangen, erst die Einheiten schaffen, das heißt man stellte sogenannte Gesteinstypen auf, worunter nichts anderes zu verstehen ist als eine gewisse Summe von Eigenschaften, welche mit einem gemeinsamen Namen belegt werden. Ein solcher Gesteinstypus ist z. B. Granit = plutonisches, massiges, krystallines Gestein, bestehend aus einem körnigen Gemenge von Orthoklas, Quarz und Glimmer. Ein Gestein mit diesen wesentlichen Eigenschaften kann außerdem beliebige Eigentümlichkeiten in accessorischen Gemengteilen, Korn, Farbe und dergl. zeigen, ohne den Namen Granit zu verlieren. Diese Eigentümlichkeiten werden nur Varietäten zu erzeugen im stande sein. Ein Gesteinstypus ist real, wenn er sich vollkommen rein in der Natur findet, ideal, wenn er nirgend in vollkommener Form ausgeprägt ist.

162. **Mittelglieder und Uebergänge.** Gesteine, welche, sei es mit Rücksicht auf ihre abweichende Zusammensetzung, sei es infolge von Strukturverschiedenheiten, unter keinem der einmal festgestellten Typen untergebracht werden können, heißen Mittelglieder. Von Uebergängen dagegen spricht man dann, wenn in einem und demselben Gesteinskomplex entweder durch Ein- oder Austritt von Gemengteilen oder auch durch Veränderungen der Struktur allmählich sich eine Annäherung an einen anderen Gesteinstypus bemerklich macht, wie dies sowohl an Eruptiv- und klastischen Gesteinen als auch zwischen beiden Gruppen zu beobachten ist.

163. **Einteilungsprinzipien.** Die Gesteinstypen werden besonders mit Rücksicht auf den mineralogischen Bestand, aber auch unter Beachtung der Strukturverhältnisse gewonnen. Für die nächste

Gruppenbestimmung wurden häufig wieder die Strukturverhältnisse und die Zusammensetzung maßgebend, so bei den massigen Gesteinen, wo man z. B. feldspatführende, und unter diesen wieder solche mit vorwaltendem Orthoklas und Plagioklas, und feldspatfreie unterscheidet, oder bei der Trennung in körnige, porphyrische und glasige Eruptivgesteine u. dergl. Größere Abteilungen ergeben sich nur mit Rücksicht auf die Strukturverhältnisse, wie die Einteilung der Gesteine in massige, schiefrige und geschichtete ꝛc.; sehr häufig wird hier aber auf rein hypothetische Eigenschaften, wie Bildungsart und Alter (Einteilung in Eruptivgesteine — metamorphe Schiefer — Sedimentärgesteine u. s. w.), Bedacht genommen, ein Vorgang, welcher mit Rücksicht auf die Unsicherheit, welche in der Bestimmung dieser Verhältnisse noch besteht, wenig Nachahmung verdient.

164. **Hauptzüge des Systems.** Mit der fortschreitenden Erforschung der Zusammensetzung, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine haben sich selbstredend auch die Ansichten über das System geändert. Unsere in der ersten Auflage nach Zirkel gegebene Einteilung ordnet die Gesteine zunächst nach einem genetischen Gesichtspunkte in zwei große Gruppen, innerhalb dieser aber war vor allem der mineralogische Bestand und die Struktur für die weitere Untergliederung maßgebend. In neuerer Zeit ist man bestrebt die Gesteine möglichst nach geologischen Gesichtspunkten zu gruppieren; doch gehen über die Prinzipien die Meinungen noch sehr auseinander. Da das vorliegende Buch in erster Linie praktische Zwecke verfolgt, da es zunächst dem Anfänger dienen soll, für diesen aber solche Eigenschaften, welche das Gestein auch losgelöst von den geologischen Verhältnissen, das Gestein im Handstück, charakterisieren, besonders wertvoll sind, so glaubten wir vorläufig an der älteren Einteilung festhalten zu sollen, welche in den Unterabteilungen eben diesen Rücksichten Rechnung trägt.

Darnach zerfallen die Gesteine zunächst in ursprüngliche, protogene (krystalline), und deuterogene (oder klastische). Bei den ersteren ist Gestein und Gesteinsmaterial zu gleicher Zeit entstanden und sie sind entweder unverändert oder durch verschiedene Einflüsse (Atmosphärilien, Druck, Wärme u. dergl.) verändert (metamorphosiert) auf uns gekommen; das Material der letzteren stammt aus der Zertrümmerung älterer, ursprünglicher oder selbst schon deuterogener Gesteine.

Die krystallinen Gesteine werden dann wieder, je nachdem sie wesentlich nur aus einem Minerale oder aus einem Gemenge

mehrerer bestehen, in einfache und gemengte unterschieden. Die Unterabteilungen der einfachen Gesteine werden nach ihrem chemischen Bestande gefunden. Die weitere Gruppierung der gemengten krystallinen Gesteine geschieht mit Rücksicht auf ihre Struktur, wonach sie in nichtschiefrige oder massige und schiefrige zerfallen.

Bei der Gruppierung der klastischen Gesteine ist ein durchgreifendes Einteilungsprinzip schwer durchzuführen, weil dadurch meist sehr verwandte Gesteine in den verschiedensten Gruppen untergebracht werden müßten. Um dies möglichst zu vermeiden, wurden im folgenden die hierhergehörigen Gesteine nach Entstehung, Struktur und Bestand in drei Gruppen zusammengestellt. Dieselben sind:

1. Vulkanogene, klastische Gesteine; Bildungen, welche mit der Entstehung der eruptiven Gesteine im innigsten Zusammenhange stehen.

2. Feste Zusammenschwemmungsgebilde (Psephite, Psammite, Pelite); Ablagerungen, entstanden meist mit Hilfe des Wassers aus in der Regel durch ein deutliches Bindemittel verkitteten Bruchstücken älterer Gesteine.

3. Lose Haufwerke, ohne Bindemittel, von gleicher Abkunft wie die unter 2. genannten Gesteine.

Zweiter Teil.

Spezielle Petrographie.

---

165. Erklärung. Die Aufgabe der speziellen Petrographie ist die Einzelbeschreibung der Gesteine mit Rücksicht auf ihren Bestand, ihre Struktur, geologische Stellung und Verbreitung. Die Behandlung der Mikrostruktur ist besonders bei den krystallinen gemengten Gesteinen von Bedeutung; das gleiche gilt von der chemischen Zusammensetzung. Die Behandlung der geologischen Stellung und der Verbreitung der Gesteine mußte, nicht weil sie etwa von untergeordneter Bedeutung ist, sondern wegen der dieser Arbeit gesteckten Grenzen, in den Hintergrund treten. Doch läßt sich aus der ausführlicheren Behandlung, die einem Gesteine zu teil wurde, auf seine größere geologische Wichtigkeit und Verbreitung schließen. Die technische Verwendung der Gesteine ist selbstverständlich nicht Gegenstand einer theoretischen Gesteinskunde; Absonderungs- und Lagerungsformen der verschiedenen Glieder größerer Gruppen sind gewöhnlich einander so ähnlich, daß ihre summarische Behandlung im ersten und dritten Teile mit einigen beiläufigen Andeutungen in diesem vollkommen genügt. — Eine Uebersicht der Einzelheiten des Systems giebt das Inhaltsverzeichnis.

I. Einfache Gesteine.

a) Eisgesteine.

166. Eis. Ist die feste Aggregationsform der Verbindung H_2O, einer Verbindung, welche in flüssiger Form als W a s s e r, in Gasform als W a s s e r d a m p f wohl die wichtigste Rolle im Prozesse

des Werdens und der Forterhaltung unseres Planeten spielt. Die beiden Hauptformen, in welchen das Eis als Gestein am Aufbau der Erdveste teilnimmt, sind das Schneeeis und das Wassereis, zwei Formen, welche sowohl in Bezug auf Entstehung als auch Struktur verschieden sind.

a) Das Schneeeis. Es erscheint in drei Modifikationen, als Schnee, Firn und Gletschereis. Als Schnee fällt das erstarrte atmosphärische Wasser zur Erde und bildet dort im Winter, auf Hochgebirgen und in den Polargegenden das ganze Jahr hindurch ausgedehnte Ablagerungen. Die Schneeflocken bestehen aus ineinandergeflochtenen, nadelförmigen, mitunter zu schön sechsseitigen Sternen gruppierten Eiskrystallen. Diese Schneeablagerungen wandeln sich durch den Einfluß der warmen Sonnenstrahlen auf Hochgebirgen (von etwa 3300 m abwärts) zu Firn (Firneis, Oolithisches Eis, Körnerschnee) um. Der Firn besteht aus rundlichen, blendend weißen, porösen Eiskörnchen, welche entweder lose nebeneinander liegen oder durch gefrorenes Wasser verkittet sind. Aus dem Firn geht in tieferen Regionen (etwa unter 2500 m) das eigentliche Gletschereis hervor. Es besteht aus unmittelbar miteinander verschmolzenen Firneiskörnern, welche gegen das untere Ende des Gletschers immer größere Dimensionen zeigen. Als Ganzes zeigt das Gletschereis eine Art Schichtung, welche von verschieden gefärbten, weißen, luftblasenreichen und bläulichen, blasenarmen Bändern durchquert wird. Zahlreiche Haarspalten durchsetzen netzförmig die ganze Gesteinsmasse. Die Farbe ist in größeren Massen eine bläuliche.

Eis bildet in Hochgebirgen ausgedehnte Lager, von denen sich Ströme oft in bedeutende Tiefen in die Thäler hinabziehen. Ueber Bau, Ausdehnung und geologische Bedeutung der Gletscher vergleiche die Geologie.

b) Wassereis entsteht durch Abkühlung der Gewässer an ihrer Oberfläche und schwimmt auf denselben, da es spezifisch leichter ist als Wasser. Es zeigt meist deutliche Schichtung und Parallelfaserung senkrecht zur Oberfläche; es ist rein durchsichtig und in größeren Massen grünlich. Das sogenannte Grundeis ist ein poröses, schwammiges, aus Eisnädelchen bestehendes Eis, welches auf dem Grunde der Gewässer entsteht, wo es durch Verunreinigungen mit Sand und Geschieben grau und schmutzig wird.

Das Wassereis wird als Süßwassereis und Meereis unterschieden; letzteres ist häufig mit Salz verunreinigt.

b) Haloidgesteine.

167. Steinsalz. Das Steinsalz besteht wesentlich aus dem Mineral Kochsalz, Chlornatrium, mit mehr oder weniger bedeutenden Beimengungen anderer Haloidsalze und Sulfate (Chlormagnesium, Chlorcalcium, Chlorkalium; Kieserit, Kainit, Polyhalit). Es besitzt entweder körnige oder faserige und blätterige Struktur und läßt sich entsprechend der Spaltbarkeit des Kochsalzes nach Hexaederflächen leicht in rechtwinklig parallelepipedische Stücke zerschlagen. Häufig enthält es Hohlräume, welche mit Gasen erfüllt sind, die beim Auflösen mit knisterndem Geräusche (daher Knistersalz) entweichen. Andere dieser Hohlräume enthalten Chlornatriumlösungen. Rein farblos, ist es oft durch Eisenoxyd rot, durch Chlorkupfer und Kupfergrün blau oder grün gefärbt, bituminöse Substanzen färben es grau.

Es löst sich leicht in Wasser (Salzsolen), gegen dessen Einwirkung es durch Thon- und Gipslager, im Hangenden und Liegenden, geschützt ist. In dieselben geht es häufig durch Verunreinigung mit Thon (Thonsalz und Salzthon) über.

Als Abraumsalze werden jene Ablagerungen bezeichnet, welche zuerst entfernt werden müssen, um zu den eigentlichen Salzlagern zu gelangen (Carnallit, Sylvin).

Salzablagerungen finden sich in allen Sedimentärformationen, besonders in der Trias und im Tertiär, meist in Stöcken und Lagern, verknüpft mit Thon, Gips, Anhydrit, Dolomit und Mergel.

Stark mit Thon, Gips, Dolomit 2c. verunreinigte Salzstöcke nennt man wohl auch Haselgebirge.

Von den wichtigsten Vorkommnissen mögen folgende, dem Alter nach geordnet angeführt werden:

Silur: Nordamerika (Huronsee). Salt-Range im Pendschab.
Steinkohlenformation: Durham, Bristol 2c. in England.
Dyas: Staßfurt, Speremberg s. von Berlin.
Trias: Hallein, Salzkammergut, Hall in Tirol.
Tertiär: Wieliczka und Bochnia.
Jetztzeit: Totes Meer, großer Salzsee (Utah), Wüstensalz der Kirgisensteppe, in Arabien, Südamerika.

Ueber die Bildung der Steinsalzlager vergl. den dritten Teil.

c) Sulfate.

168. Gips. Der Gips ist Kalksulfat mit zwei Molekülen Wasser. Das Gestein besteht wesentlich aus Gipsindividuen, es ist häufig verunreinigt mit Thon (Thongips) und gefärbt von Eisenoxyd und bituminösen Substanzen (Stinkgips), wodurch das sonst weiße Gestein braun, gelblich, grau, häufig wolkig (marmoriert) und gestreift erscheint. Gekrösestein nennt man einen Gips, in welchem gewundene Lagen von weißem und Thongips abwechseln.

Accessorisch finden sich Steinsalz, Karbonate, Anhydrit, Schwefel, ferner Borazit, Quarz, Glimmer, Pyrit und zahlreiche andere Mineralien.

Nach der Struktur unterscheidet man dichten oder körnigen Gips (Alabaster), spätigen, mit größeren Krystallflächen, faserigen mit Seidenglanz, in Trümern zwischen anderen Varietäten mit auf den Begrenzungsflächen senkrechten Fasern. — Als Unterschied von dem ähnlichen Kalkstein bemerke man seine geringere Härte und, daß er mit Säuren nicht braust.

Gips findet sich überall und in allen Formationen vom Silur an, vorzüglich in der Trias, in Gesellschaft mit Steinsalz, Kalkstein und Mergeln und zwar in der Regel in linsenförmigen Lagern und Stöcken, seltener in größerer Ausdehnung. In kleinerer Menge findet er sich auch als Absatz von Quellen.

169. Anhydrit (Muriacit, Karstenit). Derselbe ist ein fein- bis grobkörniges Aggregat des gleichnamigen Minerals, also wesentlich wasserfreies Kalksulfat. Er ist weiß, hellgrau, rötlich, bläulich. Von Gips unterscheidet er sich durch größere Härte und durch seinen Wassermangel, von dem ähnlichen Kalkstein durch den Mangel des Brausens bei Behandlung mit Säuren. Er kommt in denselben Formen wie Gips und meist mit ihm vergesellschaftet vor. Durch Wasseraufnahme geht er in Gips über, wobei eine bedeutende Volumzunahme stattfindet.

d) Karbonate.

170. Kalkstein. In der Geologie werden teils nach dem Alter (Kohlenkalk, Jurakalk), teils nach den eingeschlossenen Versteinerungen (Krinoideenkalk) oder auch nach Oertlichkeiten (z. B. Hallstätterkalk) verschiedene Kalksteine unterschieden; petrographisch sind dieselben entweder identisch oder nur als Varietäten

anzusehen. Der Kalkstein ist wesentlich Kalkkarbonat und besteht aus einem Aggregat von Kalkspatindividuen oder auch aus nicht individualisierten, von Organismen ausgeschiedenen Kalkteilchen, oder aus beiden zugleich. Alle Kalksteine enthalten mehr oder weniger bedeutende Beimengungen isomorpher Magnesia-, Eisen- und Mangankarbonate. Als Verunreinigungen erscheinen Quarz, Thon und Bitumen, welche Abweichungen in Konsistenz und Farbe bedingen. Rein ist der Kalkstein weiß, durch Thonbeimengungen wird er grau, durch Eisenoxyd braun und gelb, durch Bitumen schwarz gefärbt.

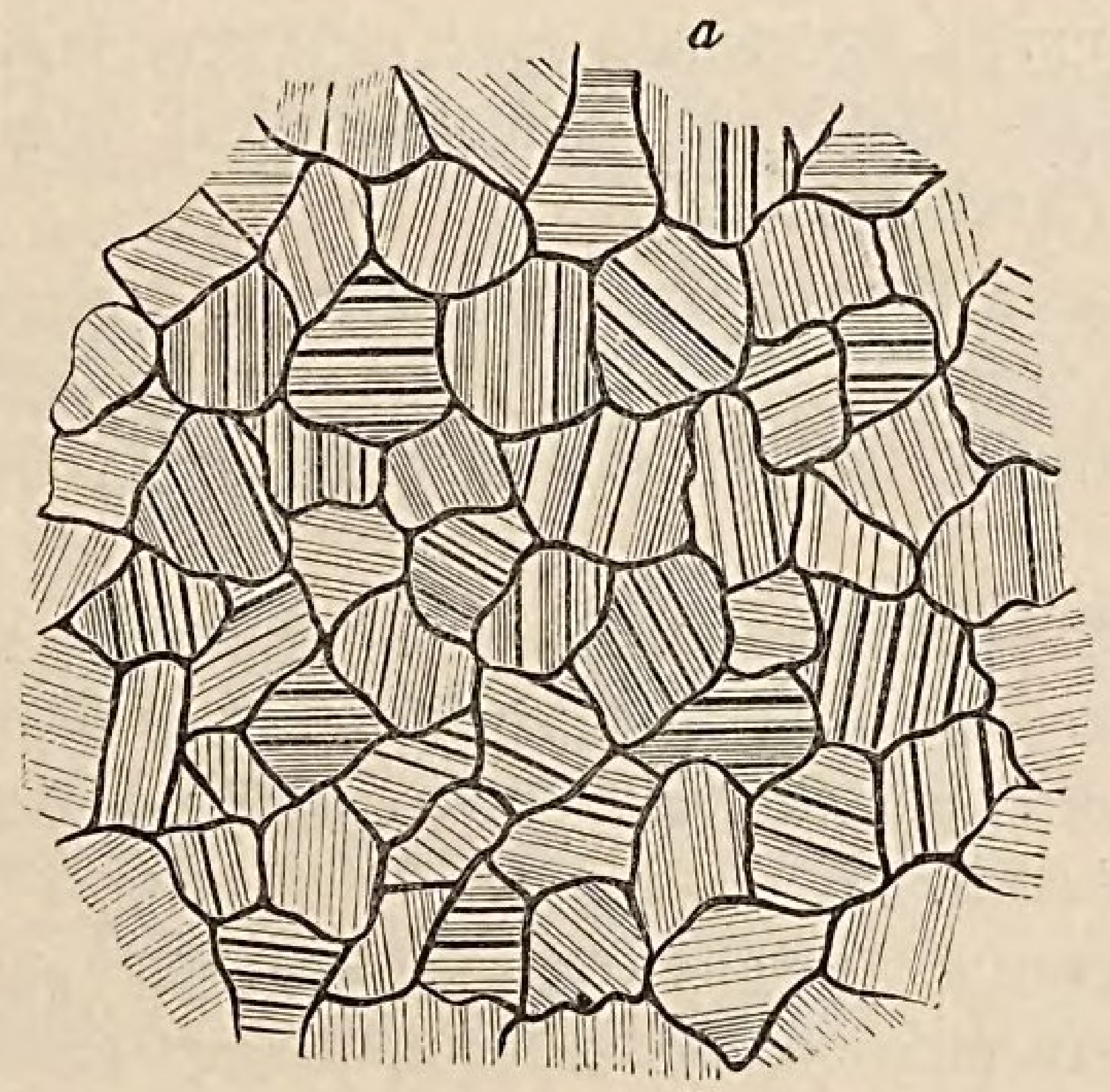


Fig. 44.

Accessorisch finden sich zahlreiche Mineralien, als accessorische Bestandmassen treten häufig Quarz in Adern und Nestern, Hornsteinknollen (in der Kreide), Petrefakten und dergl. auf. Er braust mit Säuren, wodurch er von ähnlichen Gesteinen (Gips, Anhydrit) leicht unterschieden werden kann.

Nach der Struktur unterscheidet man:

a) Krystalliner Kalkstein (Marmor). Grob- bis feinkörnig, weiß, hellgrau, gelblich, rötlich oder gefleckt („marmoriert"), kantendurchscheinend. Unter dem Mikroskop zeigen die Kalkspatkrystalle einen höchst charakteristischen Aufbau aus Zwillingslamellen (vgl. Fig. 44).

Accessorisch erscheinen sehr zahlreiche Mineralien (Quarz, Granat, Glimmer, Fluorit, Apatit, Pyrit, Graphit u. a. m.).

Massig oder geschichtet, mit unregelmäßiger Zerklüftung.

Nach den accessorischen Gemengteilen hat man folgende Varietäten:

Cipollin, ein mit Glimmer und Talk gemengter, fast schiefriger Kalkstein.

Ophicalcit, ein sehr schönes Gestein, das von Serpentinadern durchzogen ist (Verde antico).

Hislopit, durch Glaukonit grün gefärbt.

Anthrakonit, durch Kohlenstoff schwarz gefärbt, gewöhnlich in Form von Nestern, Adern u. dergl. vorkommend.

Calciphyr, durch eingesprengte Granaten porphyrartig.

Granitmarmor nennt man einen gefleckten, sandigen Kalkstein, der wesentlich aus Kalkalgen (Lithothamnien) und Nummuliten aufgebaut wird (Nordostalpen).

Predazzit und Pencatit, ersterer weiß, letzterer grau (durch beigemengten Magnetkies) sind bei Predazzo in Südosttirol vorkommende Kontaktmarmore, welche Hydromagnesit beigemengt enthalten.

Krystallinischer Kalkstein erscheint in allen Formationen bis herauf zum Jura. Am ausgedehntesten findet er sich wechsellagernd mit den krystallinen Schiefern und im Kontakt mit Eruptivgesteinen, vorzüglich mit Granit.

Der sogenannte spätige Kalkstein ist ein ursprünglich von Organismen aufgebauter Kalkstein, welcher deutliche krystalline Struktur angenommen hat (Trochiten- oder Enkrinitenkalk). Das Anfangsstadium solcher Kalke stellen auch wahrscheinlich unsere Austernbänke und Korallenriffe dar.

Kalksinter (Tropfstein) sind stalaktitische (von oben herabragende) und stalagmitische (von unten aufragende) zapfenförmige und in traubigen Krusten vorkommende Formen krystallinen Kalkes, welche Auskleidungen von Hohlräumen in Kalkgebirgen bilden.

b) Dichter Kalkstein (gemeiner Kalkstein) von sehr feinem, meist nur unter dem Mikroskope erkennbarem Korn. Häufig gefärbt, grau, gelblich, braun bis schwarz, mit mattem, flachmuscheligem Bruch, oft geädert und gefleckt. Sehr häufig gemengt mit Magnesiumkarbonat.

Unter den accessorischen Mineralien sind vorzüglich sulfidische Erze zu nennen. Reich an Versteinerungen.

Meist deutlich geschichtet; weit verbreitet in allen sedimentären Formationen.

Die Beimengungen veranlassen folgende Varietäten:

Dolomitischer Kalkstein, mit viel (bis 20 %) Magnesiumkarbonat. Vorherrschend dunkel gefärbt.

Kieseliger Kalkstein (Kieselkalk), mit viel Kieselsäure imprägniert, daher härter als die anderen Kalksteine; zuweilen ist die Kieselsäure lokal in Form von Nestern, Adern u. dergl. oder als Hornstein (Hornsteinkalk) knollenförmig ausgeschieden. In verschiedenen geologischen Formationen (bes. in der Kreide).

Thoniger Kalkstein (Mergelkalkstein), weicher, mit Thon verunreinigter Kalk.

Bituminöser Kalkstein (Stinkkalk) mit bedeutendem Bitumengehalt, infolgedessen er beim Erhitzen einen stinkenden Geruch giebt. Dunkle Farben.

Andere Varietäten sind: Schieferkalk, Knotenkalk (Kramenzelstein in Westphalen), Grobkalk, glaukonitischer Kalk, lithographischer Schiefer 2c.

c) Oolithischer Kalkstein. Aus kugeligen Kalkkörnern von konzentrisch-schaligem oder auch radial-faserigem Bau, meist mit einem fremdartigen Körper in der Mitte, bestehend, welche durch ein dichtes Zement verbunden sind. Je nach dem Vorwalten oder Zurücktreten des Bindemittels unterscheidet man Rogenstein und Erbsenstein (Pisolith, Sprudelstein), vgl. S. 88.

Vom Silur bis zur Kreide, vorzüglich im Jura, in mächtigen Schichtenreihen. In der alpinen Trias kommen oolithische Kalksteine mit sehr großen meist unregelmäßigen Oolithknollen vor, sog. Riesenoolithe.

d) Erdiger Kalkstein (Kreide). Sehr weich, abfärbend, mit mattem, erdigem Bruch, in der Regel weiß, seltener graulich oder gelblich. Besteht aus mikroskopischen Kügelchen und Blättchen (Diskolithen, Cyatholithen, Coccolithen, Coccosphären 2c., vergl. umstehend Fig. 45 A—C, unterschieden nach Form und Gruppierung derselben) nichtkrystallinen Kalkes neben deutlichen Schalen von Foraminiferen. Die ersteren sollen Skeletttheilchen von sehr niedrigen Protozoen sein, nach anderer Ansicht sind sie ähnlich wie die Krystalliten die ersten Bildungen beginnender Krystallisation, entstanden vielleicht unter Mithilfe organischer Wesen.

Accessorisch findet sich häufig Glaukonit; als accessorische Bestandmassen treten Feuersteinknollen auf.

Nicht deutlich geschichtet bildet die Kreide mächtige, stark verwitterte Ablagerungen der Kreideformation vorzüglich in England, Nordfrankreich, auf Rügen, Sicilien.

Seekreide nennt man schlammige Kalkniederschläge im Grunde von bestehenden oder ausgetrockneten Seen.

e) Poröser Kalkstein (Kalktuff, vulg. Tuffstein, Tuftstein, vergl. hierzu „Vulkanogene klastische Gesteine"). Erdig, porös, zellig, meist als Ueberkrustung von Pflanzenresten (Blätter und Stengel), zum Teil aus tierischen Ueberresten (Muscheln und Schneckenschalen) bestehend.

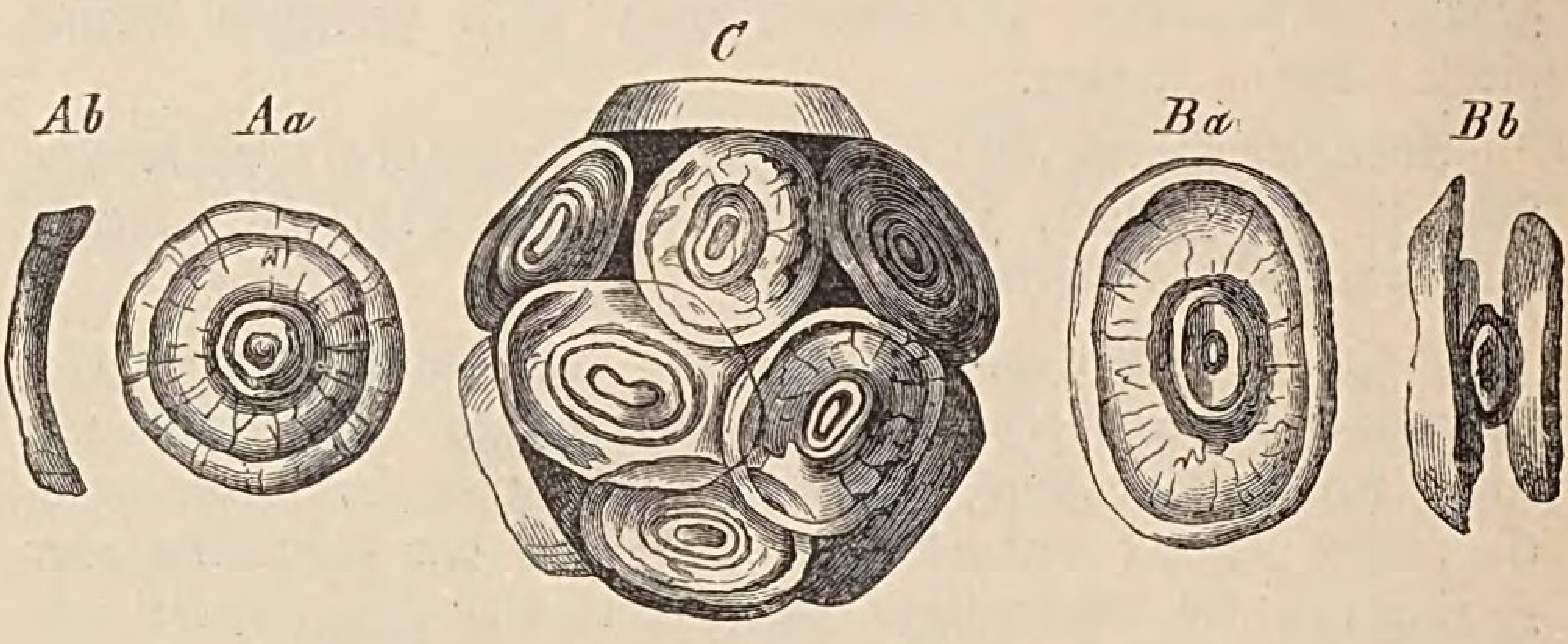


Fig. 45.

Besondere Formen sind:

Travertin, ein Kalktuff in den Abruzzen, bei Tivoli, Civitavecchia, Viterbo, Ascoli 2c., gelb, grau, luckig.

Süßwasserkalk, von senkrecht zur Schichtfläche stehenden Röhren durchzogen.

Schaumkalk, weich, schwammig, im deutschen Muschelkalk.

Hierher gehören auch die sogenannten Zellenkalke, d. h. Kalksteine, welche zahlreiche, mit pulverförmigem Kalk, Dolomit und Mergel erfüllte Hohlräume oder Zellen enthalten, deren Wände teils ebenflächig, teils ganz unregelmäßig gestaltet sind und entweder aus krystallinem oder aus dichtem Kalk bestehen. Ihre Bildung vergl. später.

Alm, ein mergeliger Kalktuff aus pulverigen Kalkteilchen und pflanzlichen Resten bestehend (in den südbayrischen Torfmooren).

171. Dolomit. Der Dolomitspat ist eine isomorphe Mischung von Kalkkarbonat und Magnesiakarbonat in keinem konstanten Verhältnisse (normaler Dolomit enthält 54,23 % Calciumkarbonat und 45,77 % Magnesiumkarbonat). Das Dolomitgestein, als ein Aggregat von wesentlich Dolomitindividuen, zeigt noch bedeutendere Schwankungen in der Zusammensetzung als das Mineral; dazu kommen Beimischungen anderer Karbonate (des Eisens, Mangans), sowie von Kieselsäure und bituminösen Substanzen. Seine Farbe ist weißlich, ins Gelbliche spielend, bis grau.

Ob ein als Dolomit bezeichnetes Gestein ausschließlich aus Dolomitspat besteht oder ob neben diesem Kalkspat zugemischt vorkommt, ist schwer zu entscheiden, da beide Karbonate unter dem Mikroskope sich wesentlich ähnlich sehen. Doch wird von den Beobachtern hervorgehoben, daß Calcit mit Vorliebe in unregelmäßigen, zwillingsgestreiften Körnern, Dolomitspat häufiger im Grundrhomboeder und nicht so deutlich gestreift vorkomme.

Accessorische Gemengteile finden sich hier wie beim Kalkstein.

Die Struktur ist deutlich krystallin, körnig, oft mit erkennbaren Rhomboedern, bis dicht. Zellige Dolomite mit eckigen Lücken, deren Wände oft mit Dolomitspatrhomboedern überkleidet sind und in welchen sich, wie bei den Zellenkalken, sogenannte Asche (Dolomitasche) d. i. zersetzter Dolomit, befindet, heißen Rauhwacken. Oolithische Varietäten sind selten.

Zur Unterscheidung von Kalk, welche besonders für die dichten Varietäten wegen der Aehnlichkeit der letzteren mit dichtem Kalkstein wichtig ist, dienen folgende Eigenschaften: Härte und spezifisches Gewicht sind größer, mit verdünnten Säuren braust das ungepulverte Gestein nicht oder nur sehr wenig. In Salzsäure löst es sich erst nach dem Erwärmen und langsam.

Andere Varietäten werden nach Struktureigentümlichkeiten und Lokalitäten benannt, wie Wellendolomit mit welligen Runzeln auf der Oberfläche der Schichten, Schlern- und Mendola-Dolomit.

Verbreitung und Lagerungsformen sind im allgemeinen dieselben wie beim Kalkstein. Häufig zeigen die Dolomite und Rauhwacken sehr zerrissene, groteske Felsformen. Ueber seine Bildung vergl. später unter Nr. 271 und 279.

172. Mergel. Unter Mergel versteht man Gemenge von Kalkstein, Dolomit und Thon in sehr wechselndem Verhältnis; der Thongehalt kann 20 % — 60 % ausmachen. Sie haben meist

ein unkrystallines, erdiges Aussehen; ihre Farbe ist grau bis schwarz, rötlich, gelblich oder grünlich.

Accessorisch treten dieselben Mineralien wie bei Kalk und Dolomit auf; andere Verunreinigungen, besonders bituminöse Substanzen, kommen hier wie dort vor.

Nach dem Gehalte unterscheidet man Kalkmergel, Dolomitmergel, Thonmergel, Steinmergel; ferner nach anderen Beimengungen Sand-, Glimmer-, Glaukonit-, Gipsmergel. An der Luft zerfallen sie in würfelige Brocken, welche schließlich zum Humus werden. Beim Brennen bleichen die kohlenhaltigen Mergel.

Zementmergel (Zementkalkstein) nennt man kieselige Kalkmergel, aus denen sogen. hydraulischer Kalk gebrannt werden kann.

Ihre Struktur ist teils dicht, teils schieferig (Mergelschiefer), so daß Uebergänge zu den eigentlichen Schieferthonen entstehen. Stark bituminöse, schwarze Schiefermergel heißen Brandschiefer. Andere bituminöse Mergel mit zahlreichen Fischresten, welche mit Kupfererzen sehr fein imprägniert sind, heißen Kupferschiefer (Thüringen).

Fleckenmergel (Algäuschichten) sind meist graue durch Fukoiden dunkelgefleckte Mergel des alpinen Lias.

Die Mergel haben eine sehr ausgedehnte Verbreitung in allen Sedimentärformationen.

Anhang: Phosphorit heißt ein faseriges oder dichtes Gestein aus meist verunreinigtem phosphorsauren Kalk (Apatit) bestehend, von weißlicher oder grauer und brauner Farbe, welches meist untergeordnet unter älterem Kalkstein (besonders im Jura), aber auch in größeren Flözen (in Estremadura) vorkommt. Es ist ein organogenes Gestein, entstanden aus Knochenresten, Muschelschalen und Tierexkrementen (Coprolithen).

Guano ist eine ähnliche Ablagerung organischen Ursprungs, welche vorherrschend aus phosphorsaurem Kalk nebst verschiedenen organischen Säuren besteht und vorzüglich durch Exkremente von Seevögeln an der Küste Perus gebildet wird.

Der auf der Insel Sombrero unter dem Guano liegende Phosphorit wird Sombrerit genannt.

e) Kieselgesteine.

173. **Quarzit.** Er ist eine körnige oder dichte Quarzmasse, meist von weißer bis grauer, manchmal von rötlicher Farbe. Nach der Struktur unterscheidet man neben den körnigen und dichten auch schiefrige Quarzite, deren Schieferung durch parallel eingelagerte

Glimmerblättchen hervorgerufen wird (Uebergang zu den Glimmerschiefern). Nicht selten füllt der Quarzit Lücken und Spalten anderer (bes. krystalliner Schiefer-)Gesteine aus (Gangquarzit).

Die sogen. krystallisierten Sandsteine, welche aus Quarzkörnern und -krystallen mit sehr untergeordnetem, kieseligem Bindemittel bestehen, dürften richtiger hierher als zu den klastischen Gesteinen gerechnet werden.

Accessorisch kommen vor: Granat, Turmalin, Pyrit, Magnetit und Gold.

Vorkommen: Vorherrschend in den älteren krystallinen Schiefergebirgen.

Mit dem Namen Kieselschiefer (Lydit) bezeichnet man ein durch Thon, Kohle, Eisenoxyd und andere Beimengungen dunkel, meist schwarz gefärbtes, hornsteinähnliches Quarzgestein, welches in dünnen, von weißen Quarzadern durchzogenen Platten in den älteren Formationen vorkommt.

Im Kontakt mit Diabasen gehen Schiefer mitunter in gelblichweiße, aus Quarz und Albit bestehende Gesteine, sogenannte Adinole über.

174. Hornstein. Ist ein dichtes, graugefärbtes, sehr hartes und unschmelzbares Kieselgestein, bestehend aus krystalliner und amorpher Kieselsäure.

Vorkommen: In größerer Ausdehnung ziemlich selten, in ungeschichteten Lagern, z. B. in der Kreide- und Steinkohlenformation, oft in seltsam geformten Knollen im Kalkstein verschiedener Formationen.

Aehnliche Kieselgesteine von meist sehr untergeordnetem Vorkommen sind:

Feuerstein (Flint), grau bis schwarz (von Kohle), mit muscheligem Bruch, stets in Knollen (in der Kreide).

Jaspis, dicht, durch Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat gelb bis rot gefärbt, undurchsichtig, oft mit Hornstein in Knollen vorkommend.

Kieselsinter und Kieseltuff, meist, wie Kalktuff, in erdigen oder krystallinen (stalaktitischen) Massen auftretend; er ist ein Produkt heißer Quellen (Island).

Süßwasserquarz, feinkörnig, porös, zellig, mit Einschlüssen von Süßwasserkonchylien und Pflanzen; gehört zu den jüngsten Bildungen.

Polierschiefer und Kieselgur (Trippel, Bergmehl) sind zerreibliche, mehlige Aggregate von staubartigen Kieselteilchen, welche sich unter dem Mikroskope als Ueberreste der Diatomeen-Kieselpanzer

(daher auch Diatomeenerde) erweisen. Ersterer ist dünnschieferig, gelblich, erscheint auch in mit Bitumen getränkten, dünnblätterigen Aggregaten, welche angezündet wie Kohlen brennen (Dysodil, Papierkohle); letztere erscheint in kreideähnlichen, weißen bis bräunlichen Massen.

Geisirit (Perlsinter) heißt eine aus amorphem Kieselsäurehydrat bestehende Sinterbildung heißer Quellen.

f) Erzgesteine.

175. **Spateisenstein** (Siderit, Flinz) besteht aus einem meist körnigen Aggregate von Sideritrhomboedern; die Farbe ist gelblich, grau bis bräunlich. Verunreinigt ist das Eisenkarbonat durch geringe Mengen von kohlensaurem Mangan, Kalk- und Magnesiasalzen; eingesprengt erscheinen oft Pyrit, Kupferkies und Eisenglanz. — Durch Zersetzung geht er an der Oberfläche leicht in Brauneisenstein über.

Spateisenstein kommt in Form von Lagern und Stöcken in der Regel in älteren Formationen vor. Erzberg in Steiermark.

Ist er mehr oder weniger mit Thon verunreinigt, so heißt er *Thoneisenstein* (Sphärosiderit); Karbonformation.

Mit dem Namen *Blackband* (Kohleneisenstein) bezeichnen die Engländer einen Thoneisenstein, der bis 35 % Kohle enthält und in dickschieferigen Flözen in den Steinkohlengebieten Schottlands vorkommt.

176. **Roteisenstein.** Ist ein faseriges, dichtes oder erdiges Gestein von blutroter bis brauner Farbe und kirschrotem Strich, welches wesentlich aus Eisenoxyd besteht, in der Regel aber durch Thon und Kieselsäure mehr oder weniger verunreinigt ist.

Er findet sich in größerer Ausdehnung eingelagert zwischen den Schiefern der ältesten Formationen. Elba, Nordamerika.

Eisenoolith besteht aus hirsekorngroßen Körnchen von Roteisenstein und Thoneisenstein, verbunden durch ein sehr zurücktretendes Zement.

Eisenglimmerschiefer ist ein schieferiges Gemenge von Eisenglimmer und Quarz und kommt in mächtigen Schichten vorzüglich in Brasilien vor.

177. **Brauneisenstein.** Gleicht dem obigen, zeigt aber meist hellere Farben, braunen Strich und besteht aus Eisenoxydhydrat, verunreinigt durch Thon, Kieselsäure und dergl.

Kommt häufig in Verbindung mit Eisenspat, aus dem er in vielen Fällen entstanden ist, in Lagern zwischen den krystallinen Schiefern, im Karbon und in der Liasformation vor.

Zum Brauneisenstein gehören auch das Bohnerz, grob-oolithisches Eisenoxydhydrat mit den oben erwähnten Verunreinigungen, und das Raseneisenerz (Quellerz, Wiesenerz), welches Brauneisenstein vermengt mit Sand, Phosphor- und Kieselsäure und organischen Substanzen ist und in den Moor- und Sumpfgegenden (daher auch Sumpf-, Morasterz) Norddeutschlands häufig vorkommt.

178. **Magneteisenstein.** Ist ein körniges bis dichtes Magnetitaggregat von schwarzer Farbe, metallischem Glanz und starkem Magnetismus. Verunreinigt ist er durch Eisenoxyd, Chromit, Titaneisen, geschwefelte Erze, Quarz, Granat, Chlorit und andere Mineralien.

Er findet sich in mächtigen, stockförmigen Lagern in den älteren krystallinen Schiefern vorzüglich in Skandinavien, im Ural und in Nordamerika.

g) Kohlengesteine.

179. **Anthracit.** Der Anthracit erscheint als schwarze, glas- bis metallglänzende, spröde, amorphe Masse von der Härte 2—2,5 und dem spez. Gewicht 1,579; der Strich ist grauschwarz. Anthracit zeigt unter den Kohlen den größten Kohlenstoffgehalt (über 90%). Erwärmte Kalilauge färbt er nicht; er verbrennt nur bei starkem Luftzug, ohne zu schmelzen, mit schwacher Flamme ohne Rauch und Geruch. Nach der Struktur unterscheidet man schlackigen, stengeligen, holzförmigen und graphitartigen Anthracit.

Er kommt selbständig in ausgedehnten Flözen (Pensylvanien) oder in Verbindung mit den folgenden (Südwales) oder in geringerer Ausdehnung in den älteren Schiefern vor.

180. **Steinkohle** (Schwarzkohle). Sie unterscheidet sich vom Anthracit durch ihren Fettglanz, ihre geringere Härte, ihr kleineres spezifisches Gewicht und ihren braunschwarzen Strich. Der Gehalt an Kohlenstoff liegt zwischen 75 und 90%. Erwärmte Kalilauge wird durch sie meist etwas gelbbraun gefärbt; sie verbrennt leichter als Anthracit, wobei sie entweder schmilzt (Backkohle) oder etwas zusammensintert (Sinterkohle), stark raucht, aromatisch riecht und eine helle Flamme giebt. In vielen Steinkohlenlagern sind die kryptogamen Pflanzen, aus welchen sie hervorgegangen sind, an ihrer Struktur noch deutlich zu

erkennen. Als Varietäten werden unterschieden: Glanz-, Grob-, Schiefer-, Faser-, Gagat-, oder Pechkohle, Kannelkohle u. a. Coakskohlen werden die im Feuer schmelzenden oder zusammensinternden porösen, schlackigen Kohlen genannt.

Accessorisch kommen Pyrit und Beiglanz, zuweilen auch Kalkspat vor.

In großen Flözen von beinahe 100 Quadratmeilen Ausdehnung und bis über 20 m Mächtigkeit in Nordamerika, Mitteleuropa u. a. O. Vorherrschend in der Steinkohlenformation, aber auch in älteren und jüngeren Formationen.

181. Braunkohle (Lignit). Ist eine dichte bis erdige oder faserige Kohle, meist mit deutlicher Holztextur, Härte und spezifisches Gewicht sind geringer als bei den vorhergehenden Kohlen; der Strich ist braun, der Gehalt an Kohlenstoff liegt zwischen 55 und 75 %. Erwärmte Kalilauge färbt sie tief braun; sie brennt leicht, ohne zu schmelzen, stark rauchend und stinkend und mit rußender Flamme. Als Varietäten sind zu erwähnen: Pechkohle, hart, pechschwarz, glänzend; Papierkohle, aus dünnen Häutchen bestehend; Moorkohle, mit deutlichen Spuren ihrer Entstehung aus Torfmooren; Erdkohle, leicht zerreiblich, braun, gelblich (Umbra, kölnische Erde); Bastkohle, faserig, biegsam; Nadelkohle, aus einem Aggregat elastischer Nadeln bestehend.

Die ausgedehntesten Braunkohlenlager finden sich in der Tertiärformation, besonders in Deutschland.

Aus den Mineralkohlen gewinnt man Leuchtgas und Teer.

182. Torf. Der Torf besteht aus einem mehr oder weniger lockeren Geflechte von sich zersetzenden Pflanzenteilen, dessen Konsistenz und Farbe von dem Grade der Zersetzung der Pflanzenreste abhängt. In der Regel sind die zusammensetzenden Pflanzenarten noch gut zu unterscheiden, manchmal aber sind sie schon bedeutend verkohlt. Der Kohlenstoffgehalt erreicht selten mehr als 50 %. Die Farbe ist lichtbraun bis schwarz; er verbrennt mit viel Rauch und üblem Geruch. Von den beigemengten mineralischen Bestandteilen sind besonders Eisenerze zu nennen (Eisenmoore).

Er bildet Lager in sumpfigen Niederungen (Torfmoore) und gehört zu den jüngsten Bildungen der Erdoberfläche, in denen man zuweilen noch Spuren menschlicher Thätigkeit vorhistorischer Zeiten findet.

Abänderungen sind: der Specktorf, Rasentorf, Fasertorf, Pechtorf, Torferde u. a. m.

183. Graphit. Der Kohlenstoff tritt außer in den eben beschriebenen amorphen Modifikationen auch krystallin als Diamant und Graphit in der Natur auf. Von den letzteren beiden Formen kommt hier nur der Graphit als Gestein in Betracht. Er bildet ein feinschuppiges oder dichtes, meist schiefriges Aggregat von metallisch glänzender und schwarzer Farbe, geringer Härte und fettigem Anfühlen. Er ist häufig verunreinigt durch Kieselsäure, Thonerde, Eisen u. dgl.

Er kommt als Einlagerung oft von bedeutender Mächtigkeit in den krystallinen Schiefern vor. Passau, Krumau in Böhmen, Nordamerika.

184. Asphalt, Petroleum rc. mögen hier anhangsweise als untergeordnete, wenn auch sehr wertvolle Bildungen erwähnt werden. Diese häufig als Imprägnation poröser Gesteine, seltener in selbständigen Einlagerungen zwischen diesen vorkommenden Zersetzungsprodukte organischer Substanzen bestehen sämtlich aus bituminösen Kohlenwasserstoffverbindungen, welche mit lebhafter Flamme und starkem Rauche brennen, je nach ihrer Konsistenz und Reinheit verschiedene Namen führen und an verschiedenen Orten der Erde (Nordamerika, Kaspisee, Galizien rc.) vorkommen, wo sie in neuerer Zeit (z. T. durch künstliche Brunnen) zu Tage gefördert wurden und einen wichtigen Handelsartikel bilden.

II. Gemengte krystalline Gesteine.

a) Nichtschiefrige (massige).

185. Einteilung. Die Einteilung der Massengesteine hat in neuerer Zeit bedeutende Wandlungen durchgemacht. Einerseits waren es die mehr und mehr sich vertiefenden mikroskopischen Untersuchungen, besonders die Erkenntnis der zahlreichen Umwandlungsvorgänge, die uns gelehrt hat, daß in einem rein mineralogischen Systeme, d. h. in einem solchen Systeme, in welchem die Gesteine nur nach ihrem mineralogischen Bestande geordnet sind, ein Gestein im frischen Zustande eine andere Stelle einnehmen kann als nach eingetretener, metasomatischer Veränderung des mineralogischen Bestandes; anderseits hat sich gezeigt, daß die bisherigen Vorstellungen über das Alter der Eruptivgesteine den Thatsachen nicht ganz entsprechen. Doch sind die diesbezüglichen Arbeiten bis heute noch nicht so weit vorgeschritten, daß sich ein diesen Verhältnissen voll-

kommen Rechnung tragendes System durchführen ließe. Wir sind daher genötigt vorläufig auch bei den Massengesteinen die in der ersten Auflage gewählte Gruppierung im wesentlichen aufrecht zu erhalten.

Wie in der allgemeinen Gliederung, so sind es auch hier vor allem in die Augen springende und am Handstücke erkennbare Merkmale, die uns leiten, also mineralogischer Bestand und Struktur. Da jedoch die gemengten massigen Gesteine mehr als alle anderen der mikroskopischen Untersuchung unterworfen wurden, so ist hier eine Gruppierung, welche auf mikroskopischen Verhältnissen beruht und demnach präzisere Definitionen der Typen gestattet, als es die makroskopischen Merkmale erlauben, besonders wünschenswert und am Platze.

Darnach zerfallen sämtliche massige gemengte Gesteine zunächst in zwei größere Gruppen, in feldspatführende und feldspatfreie. Erstere werden dann wieder in Gesteine mit orthotomem Feldspat, Orthoklasgesteine, und solche mit klinotomem Feldspat, Plagioklasgesteine, unterteilt. Die feldspatfreien Gesteine werden dann wieder nach dem vorherrschenden Gemengteil in Nephelin- und Leucitgesteine unterschieden.

In der Mehrzahl der Fälle lassen sich dann mit Rücksicht auf die Strukturverhältnisse, nach welchen die Gesteine entweder körnig oder porphyrisch oder glasig ausgebildet sein können, sowie auch hinsichtlich des Fehlens oder Vorhandenseins von Quarz als einem der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien, gewisse Gesteinsfamilien abgrenzen. Endlich hat sich gezeigt, daß der Habitus eines Massengesteins und seiner Gemengteile ein wesentlich anderer ist, je nachdem es in großen Tiefen, also unter starker Belastung, oder näher der Oberfläche und auf dieser erstarrt ist. Man nennt jene wohl auch plutonische, diese vulkanische Gesteine. Die an der Oberfläche oder nahe derselben abgelagerten vulkanischen Produkte älterer geologischer Perioden sind im Laufe der Zeit größtenteils der Abtragung anheimgefallen und liegen uns daher nur selten vor; dagegen haben die Erosion und die gebirgsbildenden Kräfte die in größeren Tiefen erstarrten plutonischen Massen jener Zeit, die sog. „älteren Eruptivgesteine", aufgeschlossen. Umgekehrt bleiben uns die in der Tiefe erstarrten plutonischen Ergüsse jüngerer geologischer Perioden meist verschlossen, da die Erosion noch nicht bis zu ihnen hinabgedrungen ist, wogegen die nahe oder auf der Oberfläche liegenden vulkanischen Gesteinsmassen, die sog. „jüngeren Eruptivgesteine", unserer Betrachtung zugänglich sind. In diesem Sinne sind die in der folgenden Uebersicht

gebrauchten Unterabteilungen in „ältere“ und „jüngere“ Eruptivgesteine zunächst zu verstehen; außerdem unterliegt es keinem Zweifel, daß die letzteren zumeist der Tertiärzeit, die ersteren älteren geologischen Perioden angehören.

186. Uebersicht. Demnach ergiebt sich für die gemengten krystallinen Massengesteine folgende Uebersicht:

A) Orthoklasgesteine.

Der vorwaltende Feldspat ist Orthoklas.

a) Aeltere.

I. Quarzführende.
 1. Körnige: Familie der Granite.
  G r a n i t.
  G r a n i t p o r p h y r.
 2. Porphyrische: Fam. der Quarzporphyre.
  Q u a r z p o r p h y r.
  F e l s i t f e l s.
 3. Glasige: Fam. der Felsitpechsteine.
  F e l s i t p e c h s t e i n.
II. Quarzfreie.
 1. Körnige: Fam. der Syenite.
  S y e n i t.
 2. Porphyrische: Fam. der quarzfreien Porphyre.
  Q u a r z f r e i e r P o r p h y r.
 3. Glasige: fehlt*).

b) Jüngere.

I. Quarzführende.
 1 und 2. Körnige oder porphyrische: Fam. der Rhyolite.
  R h y o l i t.
 3. Glasige: Fam. der sauren Gläser.
  O b s i d i a n.
  T r a c h y t p e c h s t e i n.
  P e r l i t.
  B i m s s t e i n.

*) Wo im folgenden die dritte Nummer fehlt, ist ein Fehlen hierhergehöriger Gesteine anzunehmen. Viele derselben dürften unter den sub A, b. I. 3 aufgeführten sauren Gläsern versteckt sein, von welchen sie morphologisch schwer zu trennen sind.

II. Quarzfreie.

1. und 2. Körnige und porphyrische: Fam. der Trachyte.

Trachyt.

Phonolith.

B. Plagioklasgesteine.

Der vorwaltende Feldspat ist ein Plagioklas. Die hierhergehörigen Gesteine sind mit Rücksicht auf das mit dem Plagioklas verbundene besonders hervortretende Mineral in zwei Gruppen zusammengezogen, welche dann, soweit es thunlich ist, in der obigen Weise unterabgeteilt wurden. In wie weit sie nach dem Quarzgehalte getrennt werden können, soll bei den einzelnen Gesteinen erwähnt werden.

1. Plagioklas-Hornblendegesteine.

a) Aeltere.

1. Körnige: Fam. der Diorite.

Diorit.

2. Porphyrische: Fam. der Hornblendeporphyrite.

Porphyrit (Dioritporphyrit).

b) Jüngere.

1. und 2. Körnige und porphyrische: Fam. der Hornblende-Andesite.

Hornblende-Andesit.

2. Plagioklas-Augit-(resp. Diallag-, Enstatit-, Hypersthen-)gesteine.

a) Aeltere.

1. Körnige: Fam. der Diabase und Gabbros.

Diabas.

Gabbro*).

2. Porphyrische: Fam. der Augitporphyrite und Melaphyre.

Porphyrit (Diabasporphyrit).

Melaphyr.

*) Teils um die Einfachheit des Systems zu fördern, teils aus in der Sache liegenden Gründen wurden die Gabbrogesteine hierher gestellt und die untergeordneten Plagioklas-Enstatitgesteine als Anhang hinzugefügt.

b) Jüngere.

1. und 2. Körnige und porphyrische: Fam. der Augit-Andesite und Basalte.

Augit-Andesit.

Basalt.

Anhang: Basanite und Tephrite.

C. Nephelingesteine.

Diese Gruppe ist wesentlich durch die Kombination Nephelin-Augit, mit Ausschluß eines Feldspates, charakterisiert und umschließt nur jüngere Glieder.

Fam. der Nephelinite und
Nephelin-Basalte.

D. Leucitgesteine.

Diese Gruppe umfaßt Gesteine der Kombination Leucit-Augit als wesentliche Bestandteile. Auch diese Gesteine treten nur in tertiären und posttertiären Formationen auf.

Fam. der Leucitite und
Leucit-Basalte.

Anhang. Andere feldspatfreie Gesteine: Peridotite (Pikrit — Wehrlit — Lherzolith — Dunit), — Pyroxenit — Augitit.

Zirkel gruppiert in seiner Petrographie 1894 die massigen Erstarrungsgesteine folgendermaßen:

I. Gesteine mit Alkalifeldspat und Quarz oder Kieselsäureüberschuß (Granit, Quarzporphyr, Felsitfels, Rhyolith und die sauren Gläser).

II. Gesteine mit Alkalifeldspat ohne Quarz oder Kieselsäureüberschuß, ohne Nephelin oder Leucit (Syenit, quarzfreier Porphyr, Trachyt und trachytische Gläser).

III. Gesteine mit Alkalifeldspat ohne Quarz oder Kieselsäureüberschuß mit Nephelin (Hauyn) oder Leucit (Eläolithsyenite, Phonolith, Nosean- und Leucittrachyt).

IV. Gesteine mit Kalknatronfeldspat ohne Nephelin oder Leucit (Diorit, Dioritporphyrite, Hornblendeandesit, Diabas, Diabasporphyrite, Gabbro, Norit, Melaphyr, Feldspatbasalt).

V. Gesteine mit Kalknatronfeldspat und Nephelin oder Leucit (Basanite und Tephrite).

VI. Gesteine ohne eigentlichen Feldspat, aber mit Nephelin, Leucit oder Melilith (Nephelin-, Leucit-, Melilithbasalt).

VII. Gesteine ohne eigentlichen Feldspat oder feldspatähnlichen Gemengteil (Peridotite, Pyroxenite, Augitite).

Beschreibung der wichtigsten Gesteinstypen.

187. Granit. (Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 46.) Die wesentlichen Gemengteile sind Orthoklas, Quarz, Glimmer; dazu tritt gewöhnlich noch ein Plagioklas. Der Quantität nach

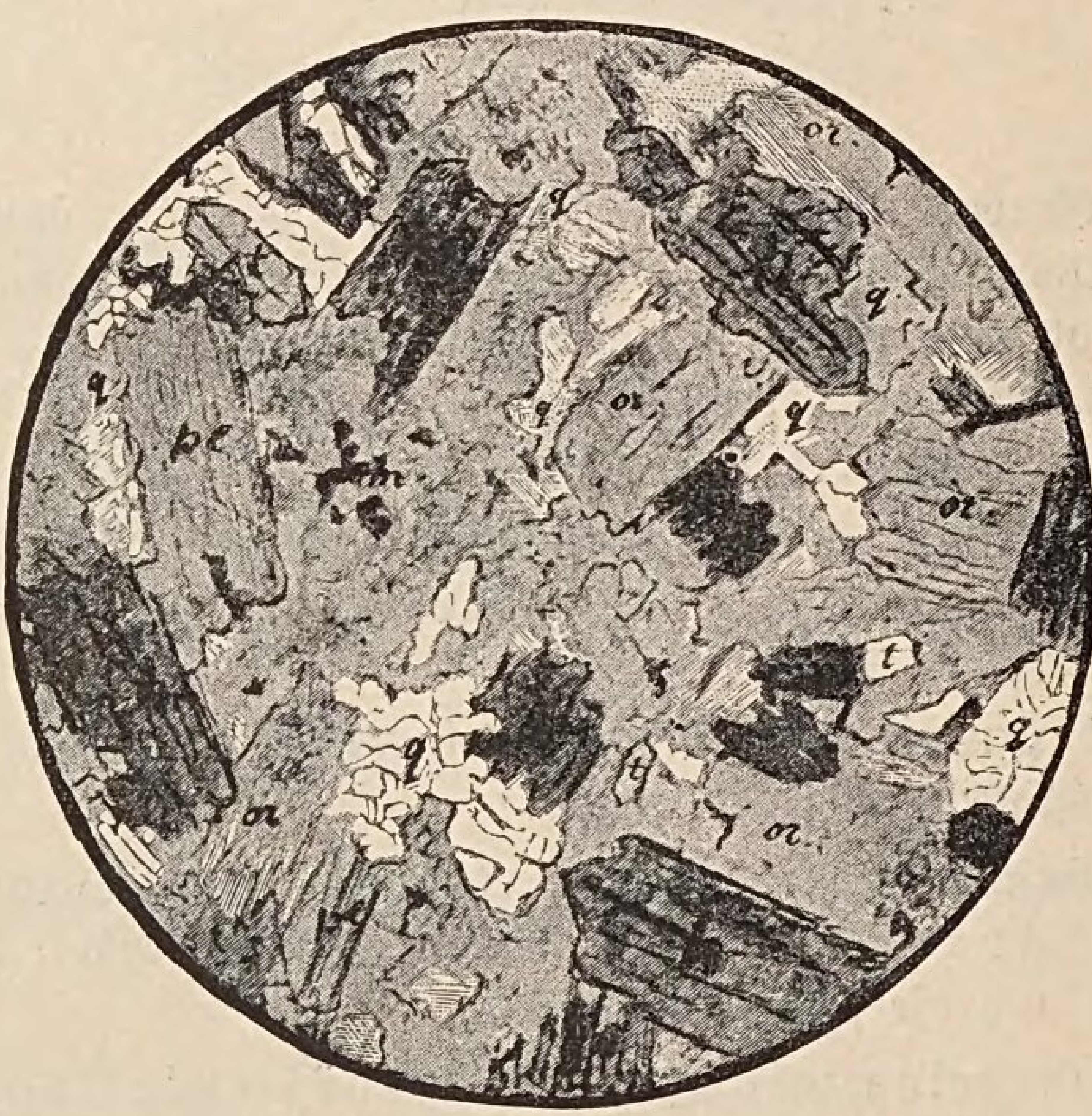


Fig. 46. Hornblendegranit.
o Orthoklas, pl Plagioklas, h Hornblende, g Biotit, m Magnetit, t Titanit.

ist der Orthoklas vorwaltend; er ist meist frischer erhalten und an seinem Perlmutterglanz von dem fettglänzenden und trüben Plagioklas zu unterscheiden. Nicht selten sind wohl entwickelte Krystalle und Zwillinge mit freiem Auge zu sehen. Die Farbe ist verschieden, weiß, rötlich, seltener grünlich.

Der Plagioklas ist in der Regel infolge wiederholter Zwillingsbildung gestreift. Seine Farbe häufig graulich oder grünlich. Der Quarz kommt nur in Krystallkörnern vor und charakterisiert sich durch seinen muscheligen Bruch, Glasglanz und seine wasserhelle bis grauliche Farbe. Der Glimmer, Magnesia- und Kaliglimmer (zweiglimmeriger Granit) oder nur einer von beiden (Muscovitgranit, Biotitgranit), erscheint in sechsseitigen Blättchen oder in unregelmäßigen Fetzen von weißer bis dunkelbrauner oder schwarzer Farbe. Er wird zuweilen von Hornblende, Augit (selten), Talk und Chlorit, Graphit, Eisenglanz u. dergl. teilweise oder ganz vertreten, wodurch besondere Varietäten entstehen.

Accessorisch kommen im Granit zahlreiche Mineralien vor, so Augit, Turmalin, Apatit, Zirkon ꝛc., welche bei bedeutenderem Vorwiegen dem Gestein besondere Namen gegeben haben. — Die Farbe des Gesteins ist in der Regel licht, graulich, rötlich, grünlich.

Unter dem Mikroskope. Der Orthoklas erscheint sowohl in Körnern als in gut ausgebildeten, häufig nach dem Karlsbader Gesetze verwachsenen Zwillingskrystallen. Er ist meist infolge eintretender Zersetzung getrübt, manchmal zeigt er Zonenstruktur. Eingewachsene Mikrolithe und Flüssigkeitseinschlüsse sind nicht häufig; Verwitterungen zu Kaolin können öfters beobachtet werden. Nicht selten ist Mikroklin, der an der Gitterstruktur erkannt werden kann, und Mikroperthit. Die Plagioklase (meist Andesin, seltener Albit) sind an der wiederholten Zwillingsstreifung zu unterscheiden. Der Quarz ist durch seine Frische und Wasserhelligkeit und zwischen gekreuzten Nicols durch seine lebhaften Interferenzfarben kenntlich. Von Einschlüssen sind neben Mikrolithen verschiedener Art (besonders Apatitnadeln) an erster Stelle die zahlreichen Flüssigkeitseinschlüsse oft mit beweglicher Libelle zu erwähnen. Zersetzungserscheinungen kommen wohl nicht vor. Der Glimmer zeigt die schon im allgemeinen Teile beschriebenen Eigenschaften. Ebenso sind die accessorischen Mineralien an den dort beschriebenen Merkmalen zu erkennen.

Die Struktur der Granite ist durchaus körnig, nicht bloß für die makroskopische Beobachtung, sondern auch unter dem Mikroskope, wenn auch Uebergänge zu den Quarzporphyren, wie zu erwarten, vorkommen. Zuweilen bleiben zwischen den Krystallkörnern Lücken, wodurch das Gestein zuckerkörnig (miarolithisch) wird. Das Korn ist sehr verschieden und bedingt Varietäten, die unten aufgezählt werden sollen. Außerdem finden sich allerorts Uebergänge von der massigen in die Schieferstruktur (Gneisgranit).

Chemische Zusammensetzung. Aus den verschiedenen Analysen granitischer Gesteine ergiebt sich für die chemische Zusammensetzung derselben als typisches Mittel: Kieselsäure 72, — Thonerde 16, — Eisenoxyd 1,5, — Kalk 1,5, — Magnesia 0,5, — Kali 6,5, — Natron 2,5 %.

Vorkommen. Der Granit ist eines der am meisten verbreiteten Gesteine, das in Stöcken, Lakkolithen, Lagern und Gängen von mächtiger Ausdehnung auftritt. Von den wichtigeren europäischen Vorkommnissen mögen erwähnt werden: Schwarzwald, Vogesen, Thüringer Wald, Erzgebirge, die Oberlausitz, die Alpen.

Außerdem aber erscheint zwischen den krystallinen Schiefern der laurentischen Gneisformation der sogenannte Lagergranit, welcher durch allmähliche Entwickelung von Schieferstruktur in Gneis übergeht und wahrscheinlich auf demselben Wege, wie dieser, entstanden ist.

Die Varietäten werden teils durch die Gemengteile, teils durch die Strukturverhältnisse bedingt. Die wichtigsten sind:

a) Granitit wird durch größere Menge von Plagioklas, meist durch rötlichen Orthoklas, geringeren Quarzgehalt und schwarzen Glimmer charakterisiert (Brocken, Riesengebirge, Brixen in Tirol).

b) Protogingranit (Alpengranit), zu den normalen Bestandteilen tritt grüner Glimmer (Chlorit oder Serizit); neigt zu schiefriger Struktur (westliche Alpen).

c) Syenitgranit (Hornblendegranit, vgl. Fig. 46), ein Teil des Glimmers wird durch Hornblende vertreten (Vogesen, Pilsenerkreis in Böhmen, Syene in Aegypten).

d) Schriftgranit, aus großen Feldspatkrystallen bestehend, welche von stengeligen Quarzindividuen durchwachsen sind; angeschliffene Stücke dieses Gesteins zeigen daher eigentümliche, hebräischen Schriftzeichen ähnliche Zeichnungen (Bodenmais, Riesengebirge). Vgl. Fig. 47.

e) Pegmatit wird sehr großkörniger Granit genannt, der aus bis fußgroßen Feldspatkrystallen, weißem Quarz und silberweißen, großen Tafeln von Glimmer besteht (Penig in Sachsen, Ruhla in Thüringen). Granite mit bis kopfgroßen Gemengteilen werden auch Riesengranite genannt.

f) Aplit. Das Gestein besteht, da der Glimmer sehr zurücktritt, fast nur aus Quarz und Feldspat.

g) Turmalingranit, der Glimmer wird fast ganz von Turmalin vertreten (Cornwall, Predazzo in Südtirol).

Hieran schließen sich mehrere Varietäten von untergeordneter Wichtigkeit, welche durch Eintreten anderer Gemengteile besonders an Stelle des Glimmers entstehen und sich wie Graphit-, Epidot-, Cordieritgranit 2c. durch ihren Namen schon charakterisieren.

Nach Lokalitäten oder lokalen Benennungen wurden andere Varietäten von meist geringerer Ausdehnung, wie Miarolit, Beresit, Rappakiwi 2c. benannt.

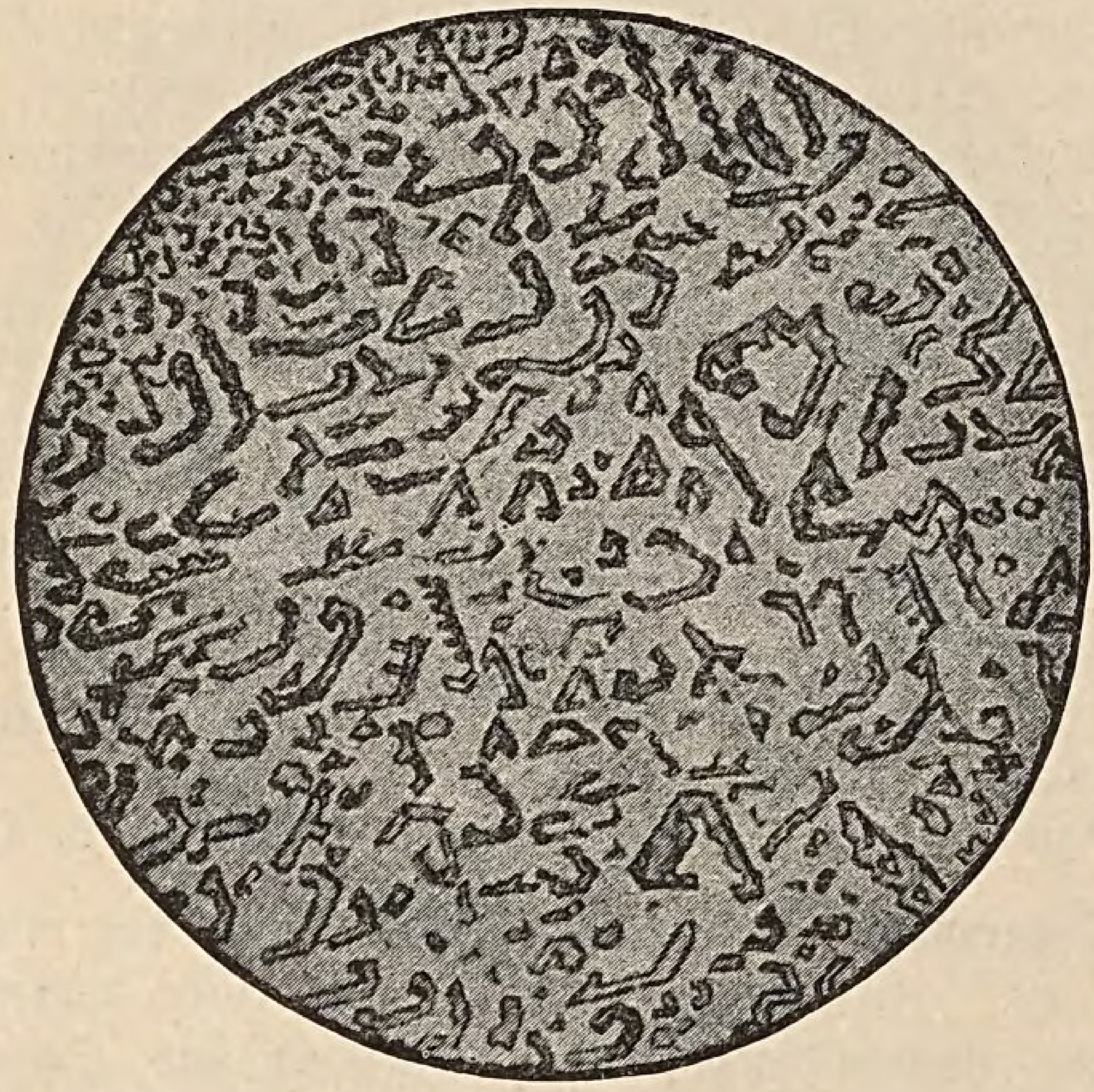


Fig. 47. Schriftgranit.

Der Granit galt lange für ein sehr altes Eruptivgestein; später fand man jedoch Granite jüngerer geologischer Perioden (Triasgranit bei Predazzo, Liasgranit in den Pyrenäen, Juragranite in der Sierra Nevada in Nordamerika). Aus den Anden wurde tertiärer Granit bekannt; desgleichen werden in neuester Zeit Stimmen*) laut, welche die großen Granitkerne der Alpen zum Teil als unterirdisch erstarrte tertiäre Intrusivmassen darstellen.

*) Vgl. W. Salomon, „Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen, granitisch-körnigen Massen". Habilitationsschrift, Wien 1897, Alfred Hölder. — Salomons Auffassung wird übrigens von Krafft bezüglich des Astagranits wieder angefochten.

Anhang: Zum Granit sind wohl auch zu zählen:

Greisen. Ein körniges Gemenge von grauem Quarz und weißem, gelblichem oder grünlichem Glimmer (meist Lithionglimmer), in welchem accessorisch Zinnstein auftritt (Zinnwald). Er findet sich in Stöcken im Granit, in welchen er durch Aufnahme von Feldspat übergeht.

Stockwerksporphyr oder Zwittergestein ist ein porphyrartig entwickelter, eisenschüssiger Greisen mit schwarzem Glimmer und Chlorit (Altenberg in Sachsen); er führt Zinnstein („Zwitter").

Turmalinfels (Schörlfels), weißlichgraues, dichtes oder körniges, zuweilen schiefriges Gemenge von schwarzem Turmalin und grauem Quarz mit accessorischem Arsenopyrit, Zinnerz, Glimmer, Topas. Geht durch Aufnahme von Orthoklas in Turmalingranit über (Cornwall, Erzgebirge).

188. **Granitporphyr** (Granophyr) ist ein Granit, welcher dadurch an Porphyre erinnert, daß einer feinkörnigen, als „Grundmasse" bezeichneten Gesteinsmasse größere Ausscheidungen von Feldspat, Quarz und meist dunklem Glimmer gegenüberstehen. Er unterscheidet sich aber von den eigentlichen Porphyren dadurch, daß die Grundmasse stets körnig (granitisch) ist.

Auffallend sind die im Quarz sich vorfindenden Glaseinschlüsse, die sonst granitischen Gesteinen vollständig fehlen. Außer ihnen findet sich im Gestein nirgend Glasbasis.

Gangförmig im Leipziger Kreis, Erzgebirge u. a. O.

189. **Quarzporphyr (Felsitporphyr).** Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 48. Zusammensetzung. In einer dichten Grundmasse liegen Ausscheidungen von Orthoklas und Quarz, außer diesen noch von Plagioklas und Glimmer. Der weiße bis rötliche Orthoklas ist auch hier wie bei den Graniten schon makroskopisch von den Plagioklasen zu unterscheiden. Beide erscheinen hier häufiger als dort in deutlicher Krystallform. Der Quarz zeichnet sich vor dem des Granits besonders dadurch aus, daß er häufig in deutlichen Krystallen (Dihexaedern) vorkommt. Der Glimmer, einer der selteneren Gemengteile, erscheint in sechsseitigen, schwarzen oder braunen, manchmal weißen Täfelchen. Oft wird er durch Minerale der Hornblende- und Augitgruppe vertreten. Die Grundmasse erscheint makroskopisch als dichte, feldsteinige Masse von bedeutender Härte, meist splittrigem Bruch und rötlicher oder auch grünlicher bis grauer Farbe. Zuweilen ist sie rauh, locker, oder selbst, bei höherem Grade der Zersetzung, erdig. Nach dieser makroskopischen

Beschaffenheit der Grundmasse unterscheidet man Hornsteinporphyre, wenn die Grundmasse hart und splittrig im Bruche ist, Feldsteinporphyre, deren Grundmasse einen matten und unebenen Bruch zeigt, endlich Thonsteinporphyre mit rauher, erdiger, beim Anhauchen thonig riechender Grundmasse.

Accessorische Gemengteile, deren es nicht eben viele giebt, sind Magneteisen, Pyrit, Granat, Apatit, Epidot, Cordierit (oft in Pinit

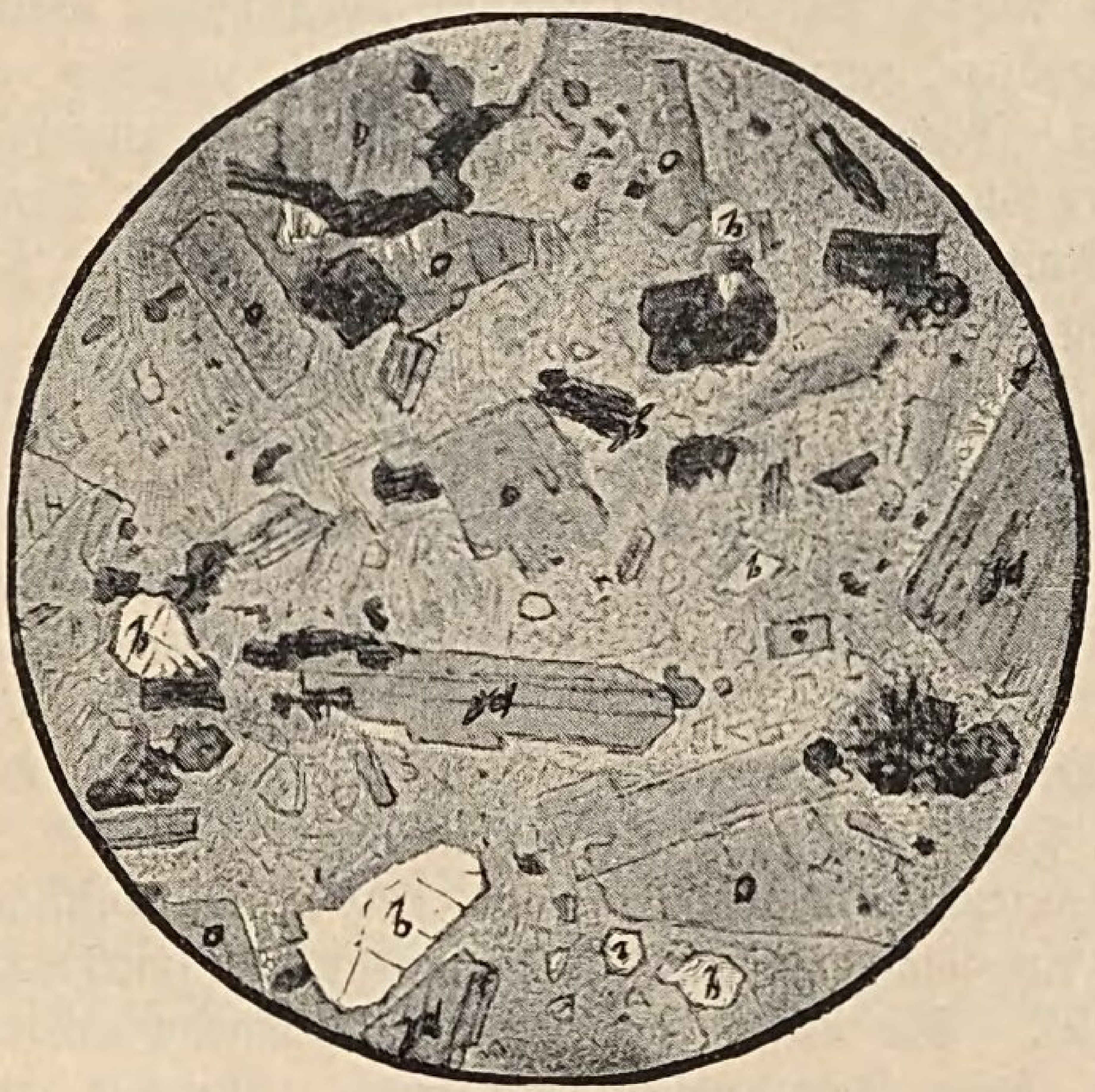


Fig. 48. Quarzporphyr.
o Orthoklas, pl Plagioklas, gl Biotit, q Quarz.

umgewandelt) und dergl. Häufig sind accessorische Bestandmassen in Form von Nestern, Adern und Mandeln von Quarz, Achat und nutzbaren Erzen.

Vorherrschend sind helle, graue, rötliche, grünliche Farbentöne.

Unter dem Mikroskope zeigen die Feldspate im wesentlichen dieselben Eigenschaften wie beim Granit, nur treten hier neben den übrigen Interpositionen auch Glaseinschlüsse auf. Der Quarz zeichnet sich oft, wie schon erwähnt, durch deutliche Krystallform vor dem Quarze der Granite aus. Bemerkenswert ist auch hier das Auftreten von Glaseinschlüssen neben solchen anderer Mineralien und Mikrolithen. Glimmer und die stellvertretenden Mineralien

zeigen keine von der gewöhnlichen abweichende Ausbildung. Glimmer ist übrigens eines jener Mineralien, welche sowohl hier wie anderwärts sehr häufig einer Zersetzung zu „chloritischer Substanz“ und einer Verdrängung durch Eisenoxydhydrat unterliegen. Die Grundmasse bietet unter dem Mikroskope die meisten Schwierigkeiten. Zum Teil besteht sie aus deutlich krystallinen Gebilden, welche entweder nur als solche oder aber auch als einer bestimmten Mineralspezies zugehörig erkannt werden können und demgemäß schon früher als krypto- und mikrokrystallin unterschieden wurden. Die letzteren gehören vorwiegend dem Feldspat, zuweilen auch dem Quarze an. Neben diesen und einer zweifellos amorphen Glasbasis findet sich aber sehr häufig eine „halbkrystalline“ Masse, welche mit dem Namen Mikrofelsit bezeichnet wird und schon früher eine Erwähnung fand (vergl. S. 92).

Nach der mikroskopischen Beschaffenheit der Grundmasse hat Vogelsang folgende Bezeichnung der Porphyre vorgeschlagen:

Porphyre mit	krystallinkörniger	Grundmasse:	Granophyre.
„ „	glasiger	„	Vitrophyre.
„ „	felsitischer	„	Felsophyre.

Porphyre, welche die eine und andere Ausbildungsweise zugleich zeigen, sollen durch Kombination dieser Namen (so z. B. Granovitrophyre, Felsovitrophyre ꝛc.) bezeichnet werden.

Die Granophyre besitzen entweder eine mikrogranitische Grundmasse oder eine solche mit sog. Implikationsstruktur (mikropegmatitische Grundmasse). Die Vitrophyre sind die Pechsteinporphyre, welche wir unten beim Felsitpechstein erwähnen. Weitaus die meisten Porphyre sind die Felsophyre, deren Grundmasse zum Teil aus Mikrofelsit, zum Teil aus krystallinen Ausscheidungen besteht.

Die Struktur der Porphyre charakterisiert sich dadurch, daß einer Grundmasse größere Ausscheidungen gegenüberstehen. Besondere Eigentümlichkeiten bietet in struktureller Beziehung die Grundmasse und zwar meist erst unter dem Mikroskope dar. Unter diesen sind besonders hervorzuheben die Fluidalstruktur (Fluktuationsstruktur), welche schon beschrieben wurde, die lagenförmige Struktur durch abwechselnde Lagen von quarzreichen und feldspatreichen, öfters verschieden gefärbten Partien bedingt. Oft sind die Porphyre parallel diesen Lagen leicht spaltbar (Band- oder Papierporphyre). Die kugelförmige Struktur, hervorgerufen durch konzentrisch schalige und radial faserige Kugeln (Corsica), welche oft Erbsengröße erreichen. Erst mikroskopisch zu

erkennen sind die sphärolithischen Ausbildungsweisen der Grundmasse. Kavernöse Porphyre, deren Hohlräume mit Quarzdrusen überzogen sind, werden Mühlsteinporphyre genannt.

Chemische Zusammensetzung. Die Analysen ergaben im Mittel: Kieselsäure 74, — Thonerde 12—14, — Eisenoxyd 2—3, Kalk 1,5, — Magnesia 0,5, Alkalien 7—9 %.

Lagerungs- und Absonderungsformen sind im allgemeinen die andernorts beschriebenen der Eruptivgesteine. Oefters findet man platten- und kugelförmige Absonderung (Südtirol).

Vorkommen: Die Verbreitung der Porphyre ist eine geringere als die der Granite; dem Alter nach erweisen sich die meisten Porphyre jünger als Granit. Ihre Eruption fällt in die Dyas und ältere Trias. Wichtigere Vorkommnisse sind in Westfalen, Thüringen, Harz, Südtirol (Plateau von Bozen) u. a.

Keratophyr hat man einen natronreichen Quarzporphyr vom Fichtelgebirge (auch im Harz und in Westfalen) genannt.

Pinitporphyr ist eine Abart des Quarzporphyrs, welche grünen Pinit (Pseudomorphose nach Cordierit) enthält. Solche Gesteine findet man in Sachsen, am Harz, in der Auvergne ꝛc.

190. **Felsitfels.** (Petrosilex, Eurit, Elvanit). Ist ein hartes, dichtes und homogen aussehendes Gestein, das im wesentlichen der Grundmasse der Quarzporphyre gleicht und teils in Verbindung mit diesen, teils wohl auch selbständig vorkommt.

191. **Felsitpechstein.** Dieses Gestein stellt eine glasige oder teilweise krystalline Erstarrungsform desselben Magmas vor, aus welchem bei krystalliner Entwickelung die Quarzporphyre hervorgegangen sind. Er ist daher ein hyalines, kantendurchscheinendes, halbglasiges Gestein von muscheligem Bruch, Fettglanz, der Härte nahe an sechs und meist schwarzer oder dunkelgrüner bis roter Farbe und manchmal gefleckt und gestreift. Den Namen erhielt es von seinem pechähnlichen Aussehen.

Unter dem Mikroskope beobachtet man neben der amorphen Glasbasis und einer mikrofelsitisch entwickelten Hauptmasse krystalline Ausscheidungen von Feldspat, Quarz und Glimmer neben oft sehr zierlich gruppierten Mikrolithen, Krystalliten und zahlreichen anderen Entglasungsprodukten. Häufig findet sich auch eine sphärolithische Entwickelung.

Die chemische Zusammensetzung, wenn auch sehr schwankend, stimmt im wesentlichen mit der der Porphyre überein; doch zeigen alle einen bedeutenden Wassergehalt.

Das Vorkommen des Felsitpechsteins ist ein ziemlich beschränktes. Besonders zu erwähnen sind Meißen und die schottische Insel Arran.

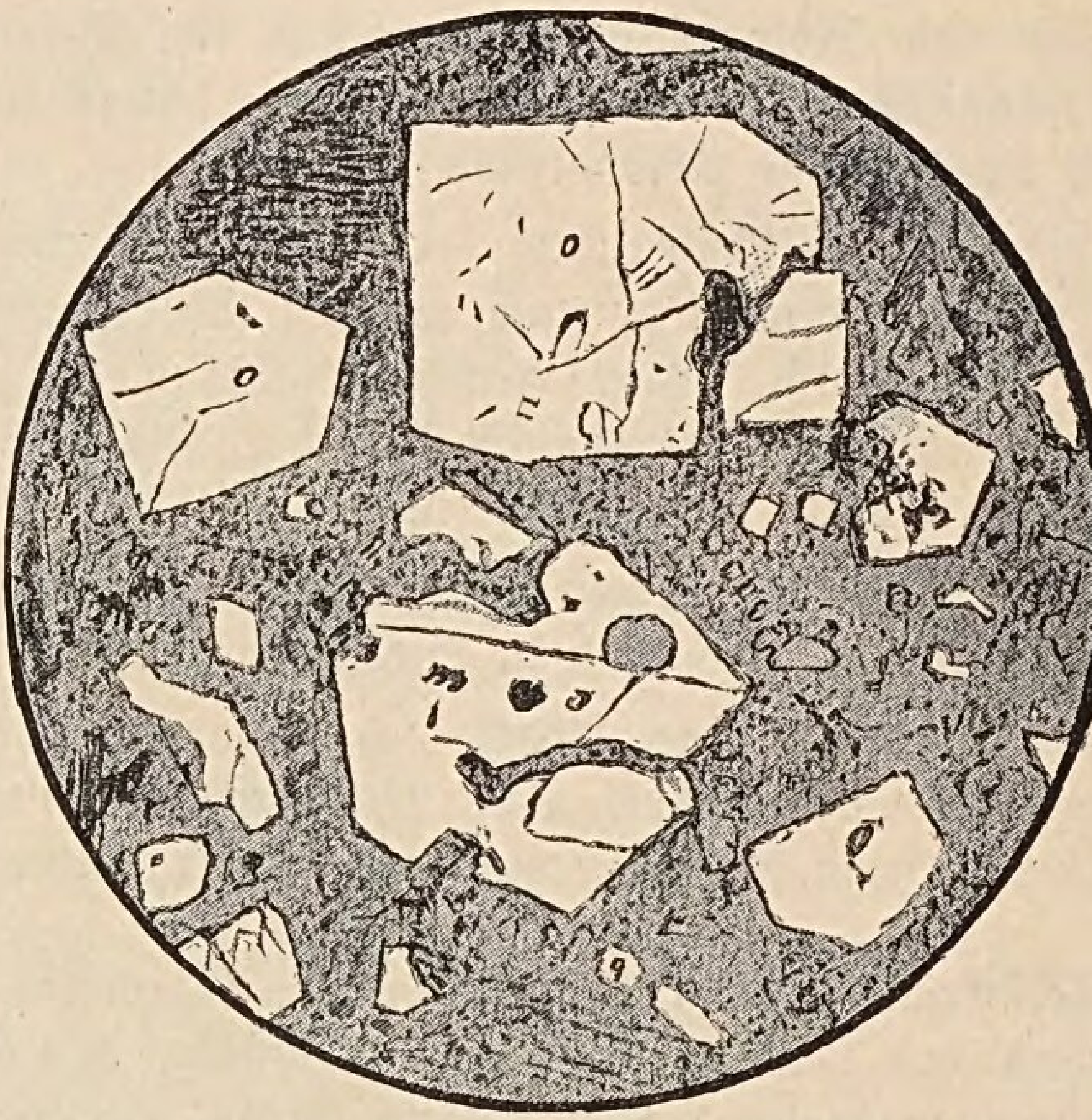


Fig. 49. Pechsteinporphyr (zehnfach vergrößert).
o Orthoklas, pl Plagioklas, q Quarz.

Haben sich aus der Pechsteingrundmasse einzelne größere Krystalle ausgeschieden, so geht das Gestein in eine Varietät des Quarzporphyrs, in den sogen. Pechsteinporphyr, über. Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 49.

192. Syenit *). Vergleiche das mikroskopische Bild Fig. 50. Die wesentlichen Bestandteile des Syenits sind Orthoklas und Hornblende, daneben findet sich ein Plagioklas, doch stets untergeordnet. Die Orthoklase zeigen die Eigentümlichkeiten jener der Granite; die Hornblende erscheint in dunkelgrünen oder

*) Der Name stammt von Syene, Stadt in Oberägypten, her; doch das dort vorkommende Gestein ist kein Syenit sondern ein roter Hornblende-Biotit-Granit. Echter Syenit kommt am Sinai vor, daher der vorgeschlagene Name (Rozière) „Sinait“ für Syenit.

schwarzen Säulen und Stengeln. Außerdem tritt sehr häufig schwarzer Magnesiaglimmer als teilweiser oder fast gänzlicher Vertreter der Hornblende auf, in diesem Falle bezeichnet man das Gestein als Glimmersyenit.

Von accessorischen Mineralien sind zu nennen Epidot, Magnetit, Pyrit, Apatit, Quarz und sehr häufig Titanit.

Grünliche, rötliche Farbentöne.

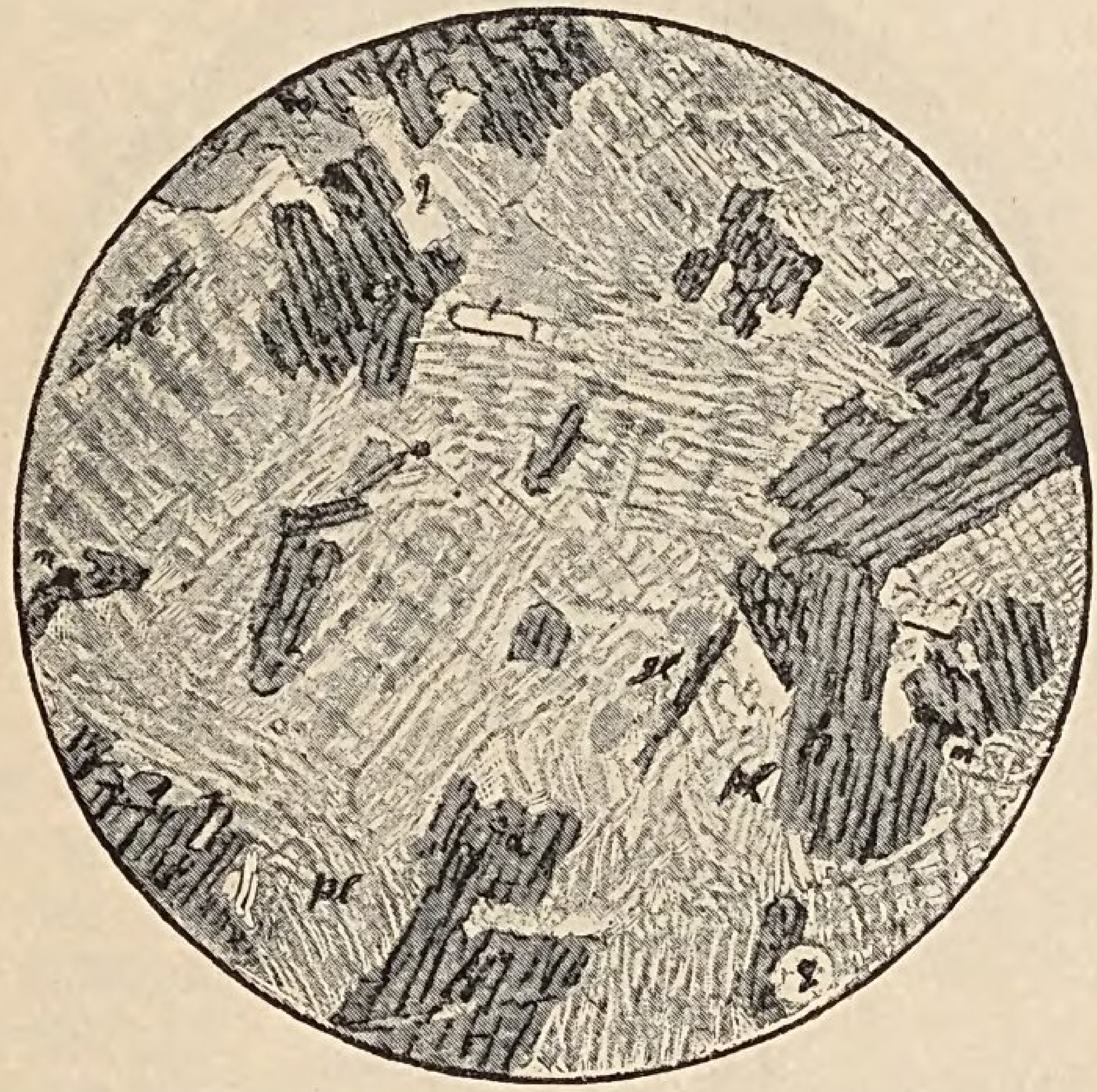


Fig. 50. Syenit.
o Orthoklas, pl Plagioklas, h Hornblende, gl Biotit, m Magnetit, t Titanit.

Unter dem Mikroskope erweisen sich die Bestandteile wesentlich so, wie sie bei Granit beschrieben wurden. Die Hornblende zeigt selten deutliche Krystallform.

Die Struktur sowohl makroskopisch, als mikroskopisch gleicht ebenfalls vollkommen der des Granits, so daß man den Syenit wohl als quarzfreien Hornblendegranit bezeichnen könnte.

Die chemische Zusammensetzung ergiebt im Mittel: Kieselsäure 58,37, — Thonerde 19,21, — Eisenoxydul 8,27, — Kalk 5,66, — Magnesia 2,91, — Kali 3,20, — Natron 2,42 % neben geringen Wassermengen.

In Bezug auf Vorkommen, Lagerungsformen und Alter gleicht der Syenit sehr dem Granit, ohne dessen Verbreitung zu teilen. Wichtigere Verbreitungsgebiete sind Norwegen und Irland.

Zuweilen nimmt das Gestein durch Parallellagerung der Hornblende und des Glimmers eine schiefrige Struktur an und wird dann als Syenitgneis bezeichnet (Canada, Schottland).

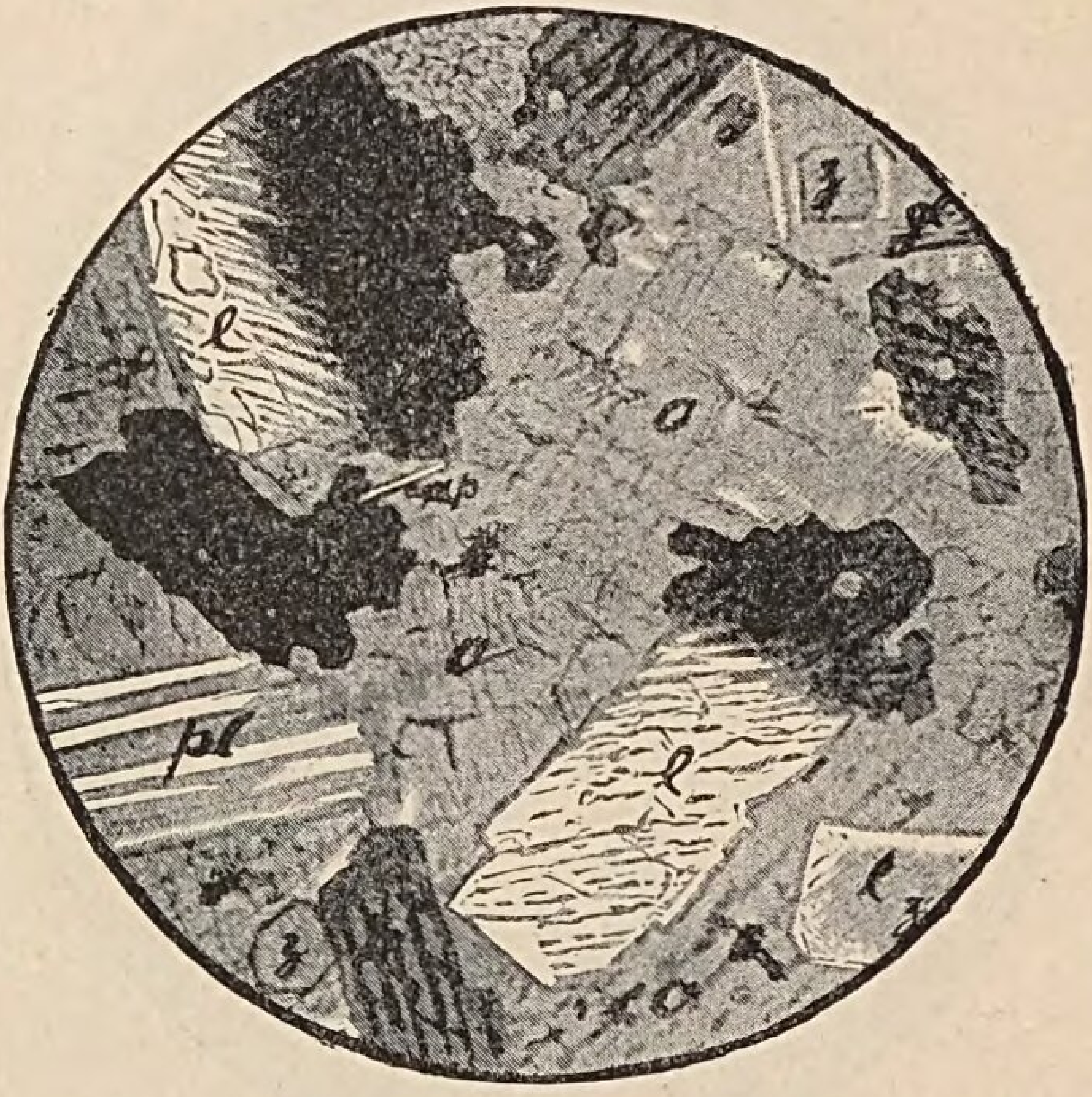


Fig. 51. Eläolithsyenit.
o Orthoklas, pl Plagioklas, l Eläolith, e Hornblende, z Zirkon, gl Biotit, ap Apatit.

Als wichtigere Varietäten sind anzuführen:

Monzonit, Orthoklas, Plagioklas, Biotit und Hornblende (Hornblende-Monzonit) oder Augit (Augit-Monzonit). Grobkörnig, hellgefärbt, am Monzonigebirge und bei Predazzo in Südtirol.

Augitsyenit ist wesentlich dasselbe, wie Augit-Monzonit. Das Gestein kommt außer in Südosttirol auch in den Pyrenäen, in Sachsen (Gröba), Norwegen ꝛc. vor. Eine Abänderung norwegischer Augitsyenite wurde Akerit genannt (führt etwas Quarz).

Auch folgende nephelinführende Syenite, die sogen. Eläolithsyenite (vergl. das mikroskopische Bild Fig. 51), mögen hier angefügt werden.

Zirkonsyenit, ein Syenit mit viel Zirkonkrystallen und Eläolith. Kristianiagebiet.

Miascit, ein körniges Gemenge von Orthoklas, Nephelin und schwarzem Glimmer (Ilmengebirge bei Miask).

Foyait, ein körniges Gemenge wesentlich von Orthoklas, Nephelin und Hornblende (Portugal).

Ditroit, ein körniges Gemenge von wesentlich Orthoklas, Nephelin, schwarzem Glimmer und Hornblende mit viel Sodalith (Siebenbürgen).

Es sind sämtlich vortertiäre Gesteine.

193. Quarzfreier Porphyr (Syenitporphyr). Zusammensetzung. Stellen die Quarzporphyre die porphyrische Entwickelung von Granitmaterial dar, so repräsentieren die quarzfreien Porphyre Syenitmaterial in porphyrischer Entwickelung. Die zusammensetzenden Mineralien sind daher hier wie dort Orthoklas und Hornblende, eingebettet in einer dichten Grundmasse. Daneben findet sich wenig Plagioklas und zuweilen schwarzer Glimmer. Wenn letzterer in größerer Menge vorkommt, heißt das Gestein Minette (Vogesen, Canton Wallis u. a. a. O.).

Accessorisch kommen auch hier die dort erwähnten Mineralien vor.

Ueber die mikroskopischen Verhältnisse ist hier nichts wesentlich Neues anzuführen. Bezüglich der Grundmasse, welche in der Regel mikro-, selten kryptokrystalline Ausbildung zeigt, ist hervorzuheben, daß glasige oder mikrofelsitische Entwickelung sehr selten ist.

Die chemische Zusammensetzung weicht von der der Syenite nicht erheblich ab.

Rhombenporphyr nennt man einen norwegischen Porphyr, dessen Feldspateinsprenglinge rhombische Umrisse zeigen.

Die quarzfreien Porphyre haben eine sehr geringe Verbreitung (Vogesen).

Auch von den Eläolithsyeniten kommen porphyrische Abänderungen (sog. Eläolithsyenitporphyre) meist gangförmig vor. Eine besondere Form derselben ist der „Liebeneritporphyr“ Südosttirols, dessen Nephelin (Eläolith) zu fettglänzenden, grünen Liebenerit umgewandelt ist; das Gestein ist reich an rotem Orthoklas.

194. Rhyolith (Liparit, Quarztrachyt)*). Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 52 S. 140. Wesentliche Bestandteile. In einer

*) J. Roths „Liparit“ = jüngeres Sanidin-Quarz-Hornblendegestein und v. Richthofens „Rhyolith“ = jüngeres, porphyrisches Sanidin-Quarz-Hornblendegestein bezeichnen nicht streng dasselbe, was hier unter Rhyolith verstanden ist, da sie auch vorwiegend glasige Gesteine umfassen.

makroskopisch gewöhnlich dicht erscheinenden Grundmasse liegen ausgeschieden Sanidin- und Quarzkrystalle, daneben meist untergeordnet solche von Glimmer und Hornblende.

Der Sanidin (glasiger, meist hellweißer Orthoklas) ist in der Regel in deutlichen Krystallen, gewöhnlich von Leistenform, oft in Zwillingen entwickelt; der Quarz erscheint in rauchgrauen oder wasserhellen Körnern oder Krystallen (Prismen und Pyramiden);

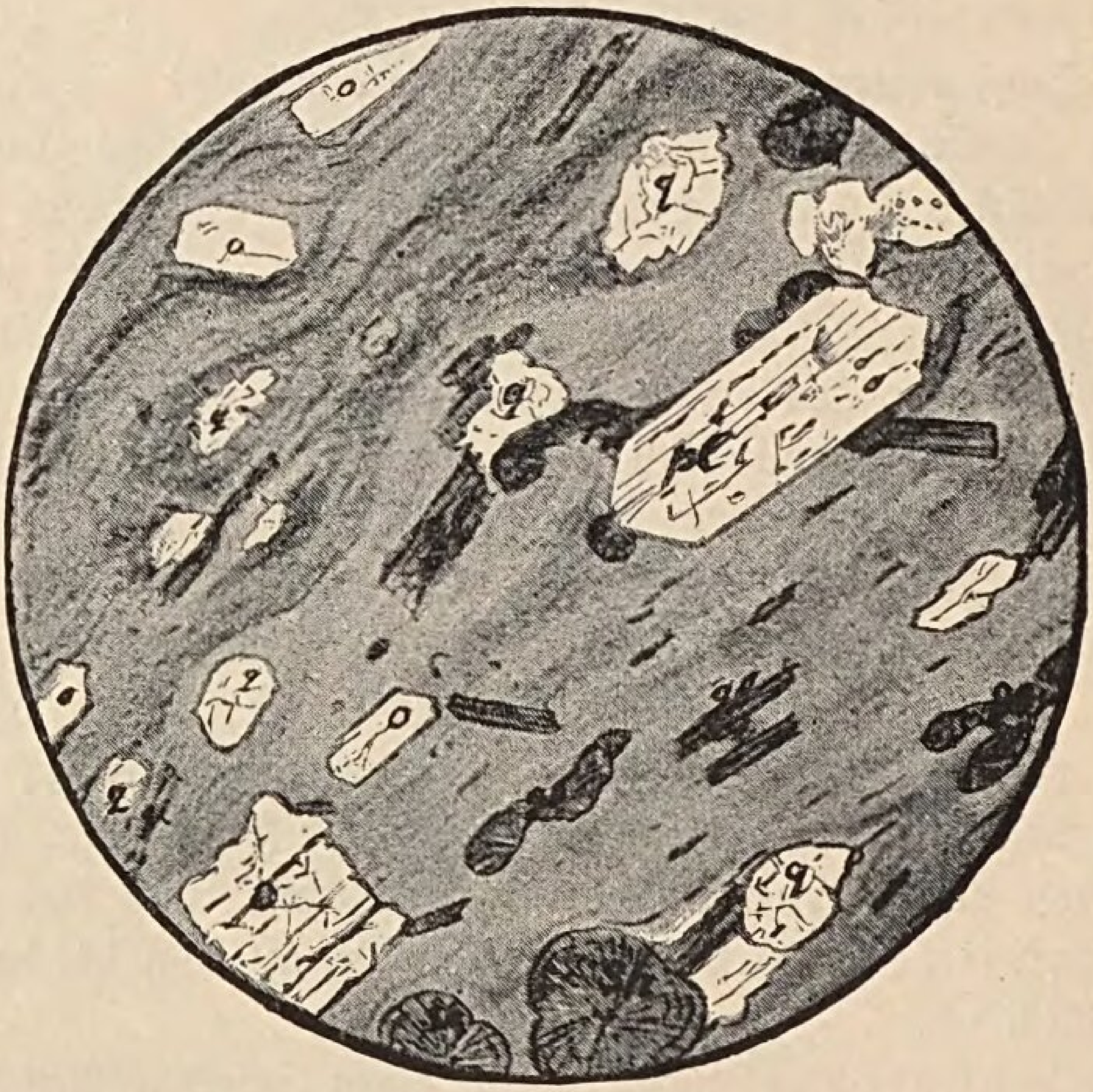


Fig. 52. Liparit.
o Sanidin, pl Plagioklas, q Quarz, gl Glimmer, sh Sphärolith, gs Glaseinschlüsse.

manchmal ist selbst makroskopischer Tridymit in Form von mehr oder weniger deutlichen sechsseitigen Blättchen als Auskleidung von Hohlräumen zu erkennen. Der Glimmer ist in der Regel dunkler Magnesiaglimmer und kommt in kleinen Täfelchen, die Hornblende in schwarzen Säulchen sowohl in Verbindung mit Glimmer als auch ohne diesen vor.

Die Grundmasse erscheint entweder dicht oder feinkörnig oder auch pech- und thonsteinartig. Infolge von kleinen Hohlräumen, die zuweilen die Grundmasse durchsetzen, erscheint dieselbe rauh und

porös; die Hohlräume sind dann häufig von Krystallkrusten (Quarz, Tridymit 2c.) überzogen.

Die Farben des Gesteins sind vorherrschend licht, graulich, rötlich, gelblich.

Unter dem Mikroskope beobachtet man den Sanidin in gewöhnlich leistenförmigen, vollkommen wasserhellen Krystallen und in Karlsbader Zwillingen, meist ziemlich frei von Einschlüssen, unter welchen besonders Glaseinschlüsse zu erwähnen wären; Zonenstruktur ist sehr häufig zu sehen. Neben dem Sanidin erscheint, jedoch selten, ein Plagioklas. Der Quarz in Krystallform oder Körnern enthält wenig Glaseinschlüsse. Tridymit, der gar nicht selten anzutreffen ist, zeigt die schon früher erwähnte dachziegelförmige Aggregation. Biotit und Hornblende bieten kaum bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Neben den genannten Mineralien beobachtet man in geringer Menge Magnetit, Apatit und zuweilen auch Augit. Die in der Regel vorwaltende Grundmasse zeigt sehr mannigfache Ausbildung. Sie ist mikro- bis kryptokrystallin (oder mikrofelsitisch), oft mit deutlicher Glasbasis. Die mikrokrystalline Ausbildung weist ein Gemenge von weitaus vorwaltenden Feldspatleistchen auf, neben welchen zuweilen Quarz*) vorkommt. Dazu gesellt sich etwas Hornblende und Magnetit.

Struktur. Die Strukturverhältnisse sind im wesentlichen bereits angedeutet worden. Die Liparite sind in der Regel porphyrisch entwickelt. Die Grundmasse zeigt unter dem Mikroskope sehr häufig Fluidalstruktur oder auch sphärolithische Bildungen, wie sie bei den Porphyren bereits erwähnt wurden.

Die chemische Zusammensetzung ist: Kieselsäure 75—77, — Thonerde 12, — Eisenoxyd und -oxydul 1,5, — Kalk 1 — 1,5, — Magnesia 0,3 — 0,5, — Kali und Natron 7 — 9 %.

Vorkommen. Die Liparite gehören der Tertiärzeit an, wo sie als massige, zuweilen etwas schiefrige Gesteine in Form von Stöcken, Gängen und Strömen auftreten. So besonders in Ungarn und Siebenbürgen, in den Euganeen, auf den Liparischen Inseln u. a. a. O.

*) Läßt sich Quarz weder makroskopisch noch mikroskopisch nachweisen, so belehrt nur die chemische Untersuchung, ob das Gestein zu den Lipariten (Kieselsäure über 70%) oder zu den Trachyten (Kieselsäure unter 70%) zu zählen ist. Im ersten Falle muß die überschüssige Kieselsäure in der glasigen Basis vorkommen.

195. Obsidian. Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 53. Der Obsidian ist ein kieselsäurereiches (60—70% Kieselsäure) vulkanisches Glas, eine vorherrschend amorphe Erstarrungsmodifikation desselben Magmas, aus welchem bei krystalliner Entwickelung die Rhyolite (und Trachyte*)) hervorgegangen sind. Das in der Regel dunkel gefärbte Gestein zeigt große Härte, starken Glanz und muscheligen

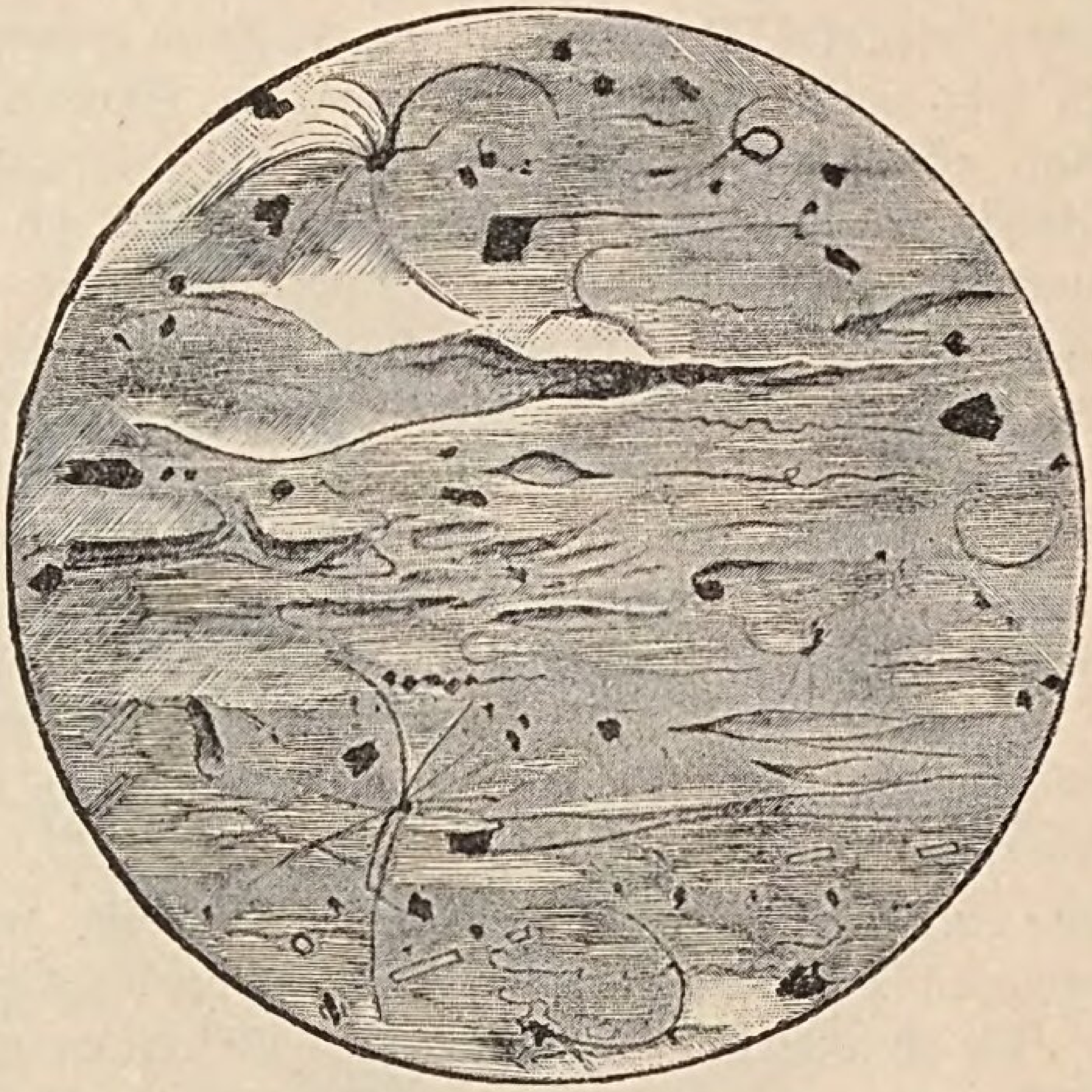


Fig. 53. Obsidian.

Bruch. Zuweilen sind makroskopische Krystallausscheidungen (besonders Sanidin) vorhanden, wodurch das Gestein einen porphyrischen Habitus erhält.

Unter dem Mikroskope zeigen sich in der vorherrschenden Glasmasse verschiedene Entglasungsprodukte teils in Form bestimmbarer Mineralien (Sanidin, Glimmer, Augit), teils als Trichite und Belonite entwickelt, welche oft eine sehr zierliche Fluidalstruktur zeigen; auch sphärolithische Strukturmodifikationen sind zu beobachten.

Bouteillenstein (Moldawit) ist ein sehr reiner Obsidian, welcher in rundlichen Körnern und runzlig gerippten Knollen im Sande gewisser Gebiete von Böhmen vorkommt.

---

*) Vergl. Note auf S. 125.

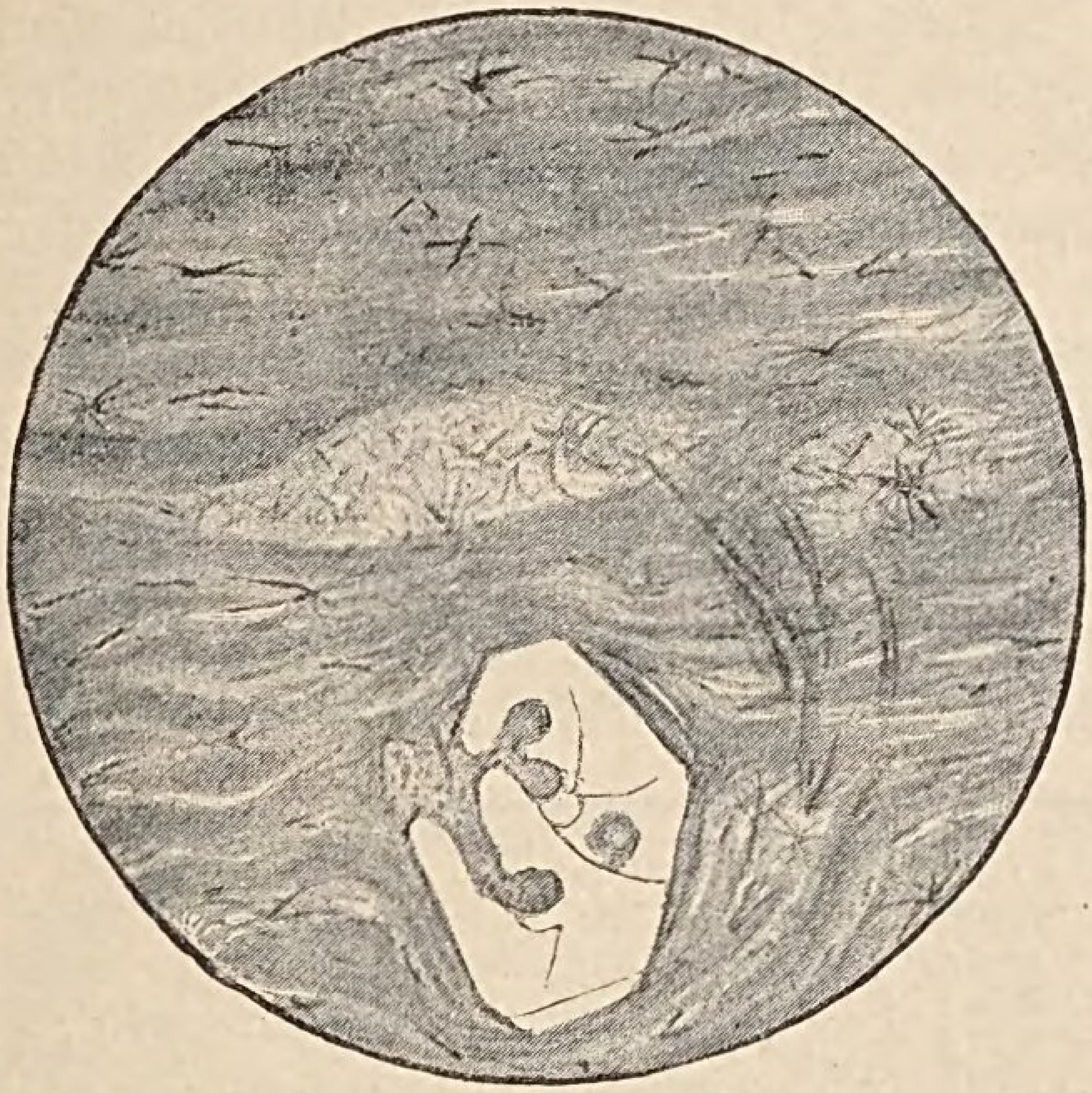


Fig. 54 a. Pechstein.

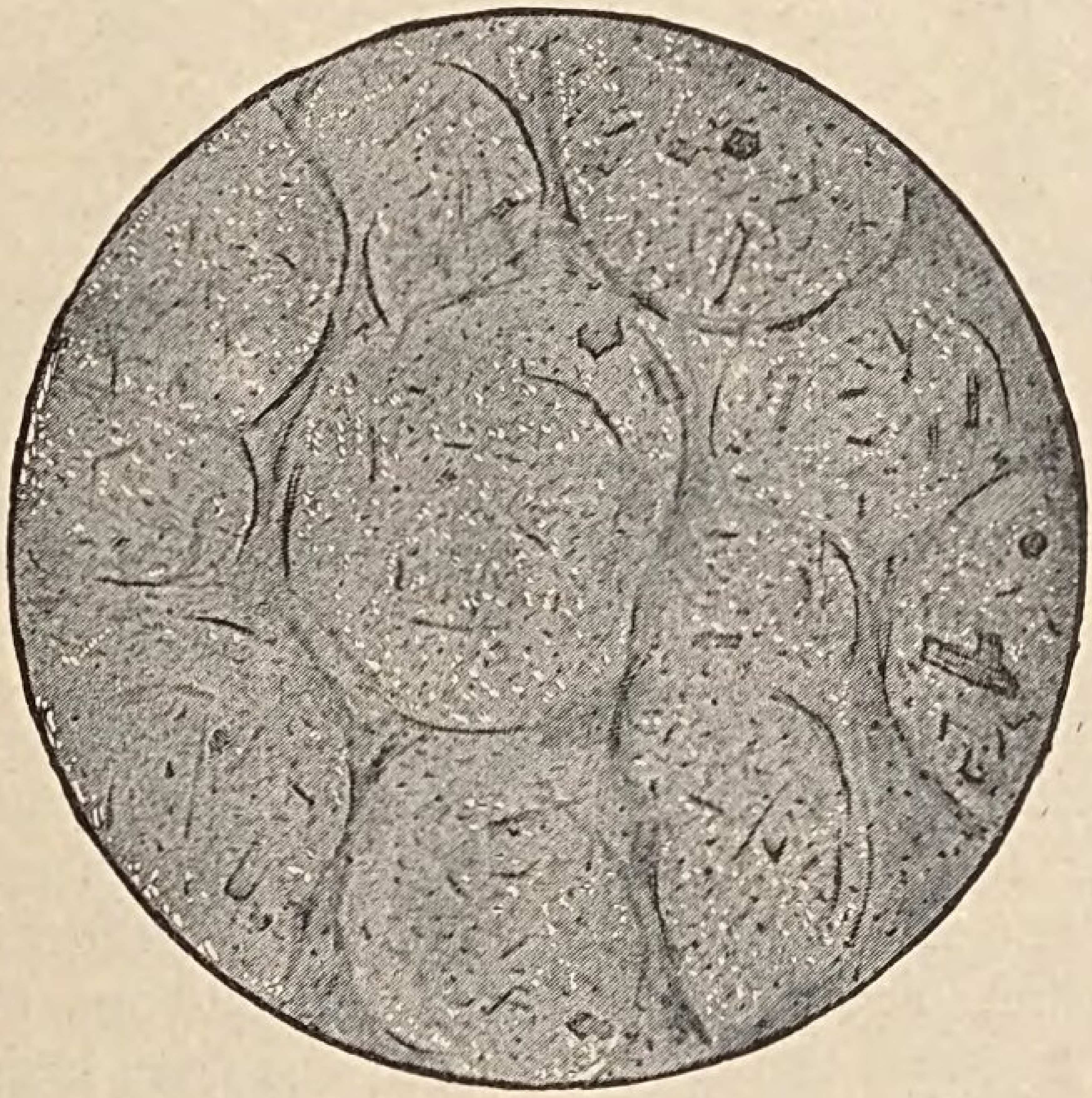


Fig. 54 b. Perlit.

196. **Trachytpechstein.** Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 54 a. Unter diesem Namen versteht man wasserhaltige, glasige Gesteine, welche im Aeußern den Felsitpechsteinen ungemein ähnlich sehen,

unter dem Mikroskope aber trachytische Ausscheidungen (Sanidin, Quarz, Hornblende, Augit mit zahlreichen Glaseinschlüssen, Magneteisen ꝛc.) neben verschiedenen Mikrolithen fraglicher Natur, Beloniten und Dampfsporen in der Glasbasis zeigen. Sie stehen den Obsidianen sehr nahe, unterscheiden sich von diesen aber durch die größere Zahl der Ausscheidungen und ihren bedeutenderen Wassergehalt.

197. Perlit. (Vergl. Fig. 54 b). Die Perlite sind mit den Pechsteinen verwandte Gesteine, welche sich aber wesentlich durch ihre Struktur davon unterscheiden. Sie bestehen nämlich aus dicht gedrängten hirse- bis erbsengroßen, glasigen Körnern von konzentrisch schaligem Bau. Die Körner schließen entweder unmittelbar aneinander

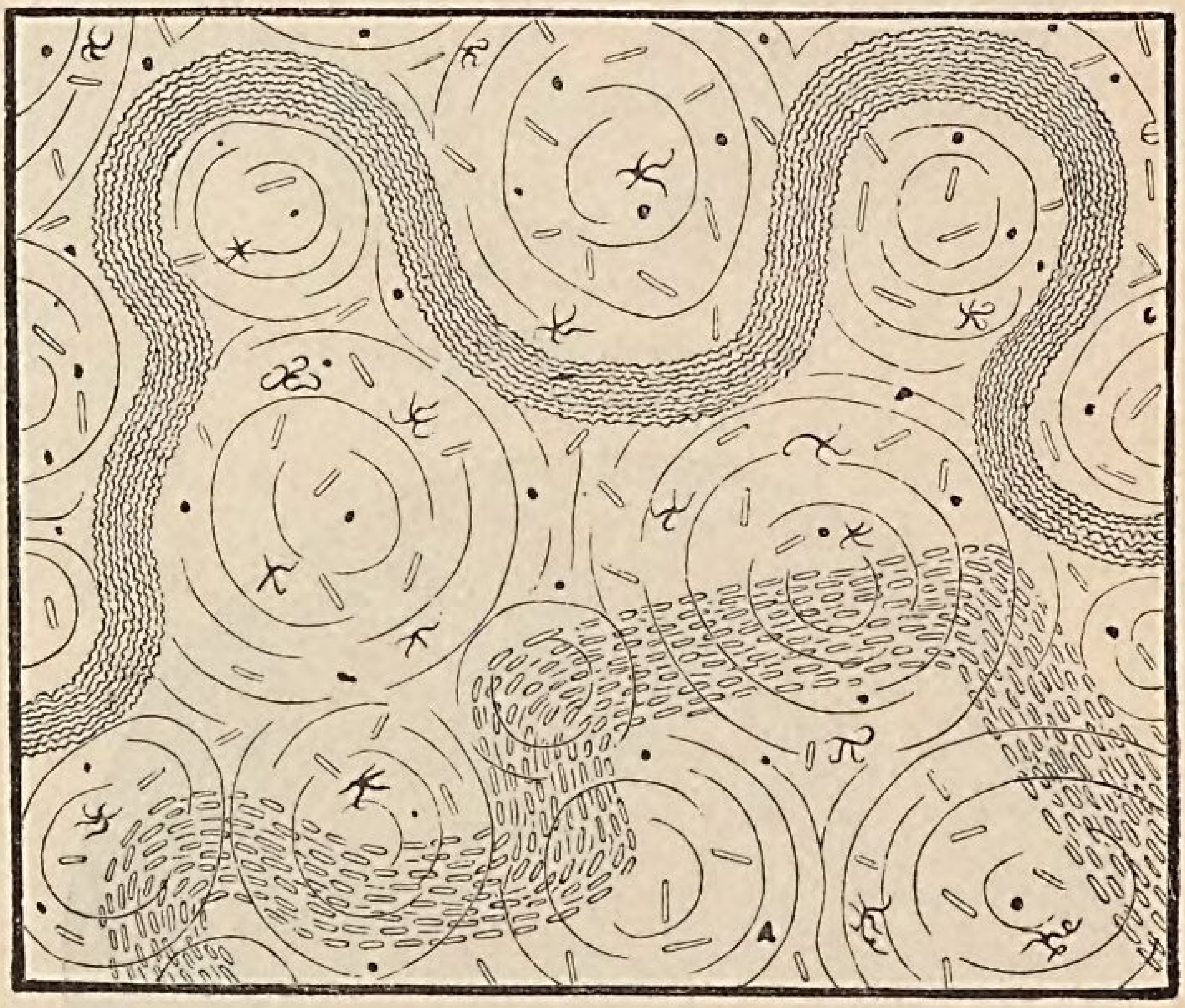


Fig. 55.

oder sind durch eine Glasmasse verkittet. Diese Kügelchen haben mit den echten sphärolithischen Bildungen nichts gemein, da sie nichts weiter als „eine Kontraktionsform des erstarrenden Gesteins“, eine Absonderungsform sind. Diese Auffassung rechtfertigt sich besonders dadurch, daß die mikroskopisch ausgeschiedenen Gebilde, die sich sowohl in Form von Globuliten und aus ihnen zusammgesetzten Gebilden, als auch als Krystallite, Mikrolithe und mikroskopische Krystallindividuen finden, ganz unregelmäßig in der gekörnelten Masse zerstreut liegen. Oft durchsetzen dieselben auch in Ströme geordnet die Gesteinsmasse, ohne irgend eine gesetzmäßige Beziehung zu den kugeligen Gebilden erkennen zu lassen (vergl. Fig. 55).

Daneben findet sich übrigens auch echte sphärolithische Struktur. Sind größere Krystalle von Sanidin und Glimmer ausgeschieden, so entstehen die sogenannten Perlitporphyre. Die Perlite zeigen Glas- bis Fettglanz und meist graublaue Färbung. Der Wassergehalt ist geringer als der der Pechsteine.

198. **Bimsstein.** Ist ein von zahllosen Gasblasen durchsetzter, schaumiger und infolgedessen spezifisch sehr leichter Obsidian von meist hellgrauer bis weißer Farbe. Unter dem Mikroskope erkennt man ein homogenes Glas, in welchem mehr oder weniger entwickelte, bis makroskopisch erkennbare Entglasungsprodukte eingebettet liegen. Die Gasblasen sind in der Regel langgestreckt und mannigfaltig gewunden.

Bimsstein findet sich vorzüglich in der Nähe noch thätiger oder ausgestorbener Vulkane.

Sämtliche unter dem Namen saure Gläser (Hyalithe, Hyalolithe) zusammengefaßte jüngere Eruptivgesteine sind Erstarrungsmodifikationen eines Magmas, aus welchem bei krystalliner Entwickelung entweder liparitische (bei einem Kieselsäuregehalt von 70% und mehr) oder trachytische (bei geringerem Gehalte an Kieselsäure) Gesteine hervorgegangen wären. Sie finden sich allenthalben in Begleitung dieser letzteren in den vulkanischen Gebieten, die bei den krystallinen jüngeren Eruptivgesteinen genannt sind.

199. **Trachyt.** Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 56 S. 146. Die wesentlichen Gemengteile des Trachyts sind Sanidin, mit welchem sich untergeordnet Hornblende, schwarzer Glimmer oder auch Augit verbindet. Mit dem Sanidin ist stets ein Plagioklas in wechselndem Verhältnis verknüpft. Diese Mineralien liegen in der Regel ausgeschieden in einer makroskopisch meist dicht erscheinenden Grundmasse, deren sehr häufig rauhe Beschaffenheit dem Gesteine den Namen (τραχύς = rauh) gegeben hat. Die makroskopischen Eigenschaften der Gemengteile weichen nicht wesentlich von den bei den Lipariten beschriebenen ab.

Accessorisch und meist erst unter dem Mikroskope erkennbar sind Magnetit, Apatit, Titanit, Sodalith, Hauyn, Nosean u. a.

Die Farbe der Gesteine ist in der Regel eine lichte, grauliche, gelbliche, rötliche.

Unter dem Mikroskope lassen sich hier so ziemlich dieselben Verhältnisse, welche schon bei den Lipariten Erwähnung fanden, beobachten. Gewöhnlich erscheint auch Tridymit in der bekannten

dachziegelförmigen Aggregationsform. Die Grundmasse, wo eine solche deutlich größeren Einsprenglingen gegenübertritt, was in der Mehrzahl der Fälle vorkommt, erweist sich unter dem Mikroskope als mikrokrystallines Aggregat der oben genannten größeren Ausscheidungen, oft mit bedeutend hervortretendem Plagioklas, meist aber ohne Glimmer. Daneben findet sich auch eine kryptokrystalline Ausbildungsweise und amorphe Glasbasis.

Die Struktur der Trachyte ist selten eine körnige, weitaus in den meisten Fällen eine porphyrische. Die rauhe Beschaffenheit

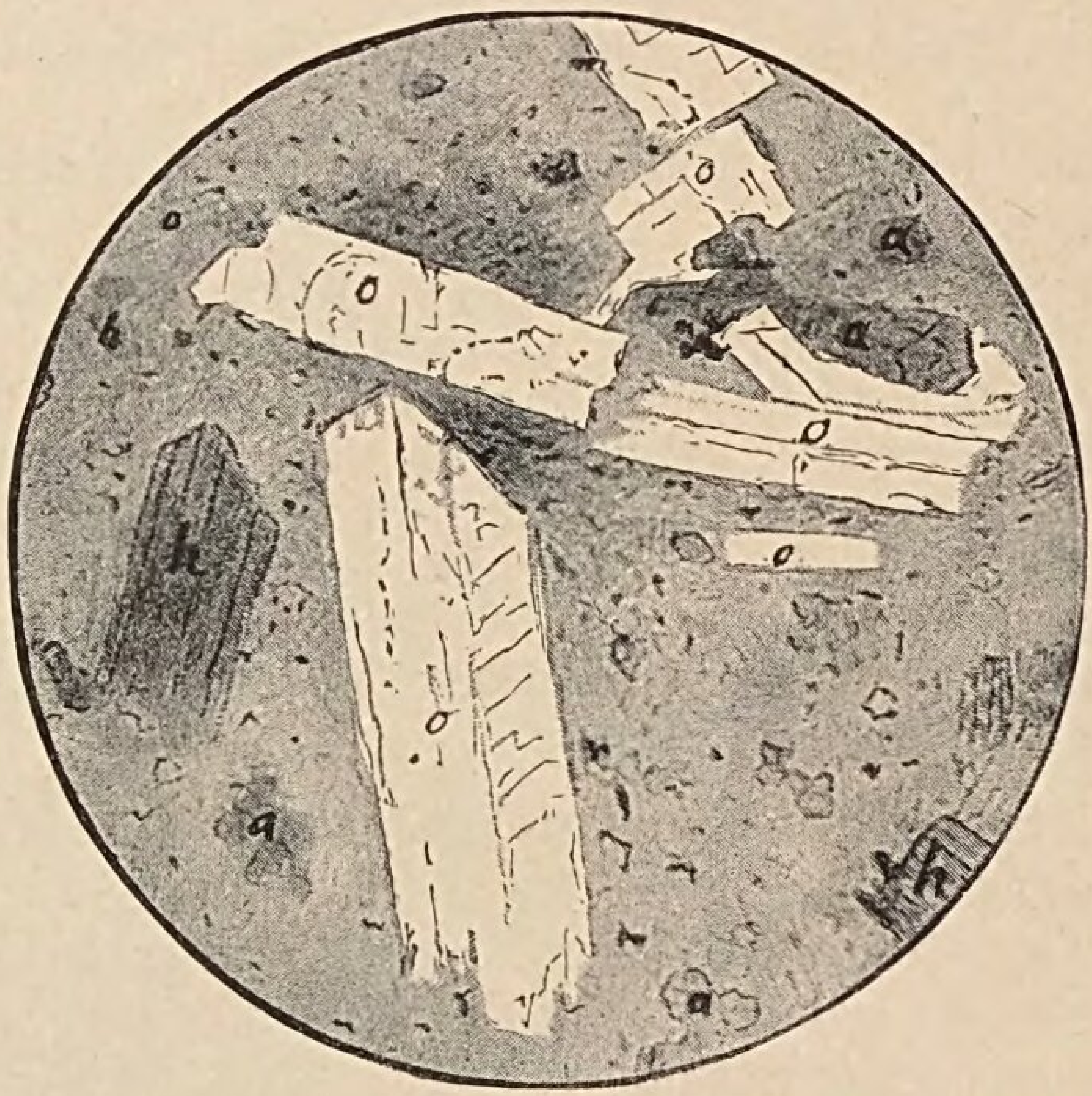


Fig. 56. Trachyt.
o Sanidin, h Hornblende, a Augit.

rührt von Diskontinuitäten der Gesteinsmasse her, welche teils durch ursprüngliche Gasentwickelung, teils durch nachträgliche Auswitterung entstanden sind. Mikrofluidalerscheinungen, sowie Anhäufungen und Zerbrechung von Krystallen weisen auch hier auf Bewegung der Masse vor der Erstarrung hin.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 62—64, — Thonerde 16—19, — Eisenoxyd und -oxydul 6, — Kalk 1,8—2,5, — Magnesia 0,8, — Kali 3,6—5,5, — Natron 4,5, — Wasser 0,5—1,0 %.

Vorkommen. Trachyte bilden, wie die Rhyolithe, Kuppen, Lakkolithen (Nordamerika) und Gänge, sind als Laven in Strömen oder als vulkanische Auswürflinge entwickelt. Ihre Hauptverbreitungsgebiete in Europa sind: Siebengebirge, Westerwald, Rhön, Siebenbürgen, Italien und Frankreich.

Domit ist ein weißlicher, matter, ungemein feinkörniger, oligoklasführender Trachyt in der Auvergne. Leucit- oder noseanführende Trachyte werden Leucit- resp. Nosean-(Hauyn-)trachyte genannt.

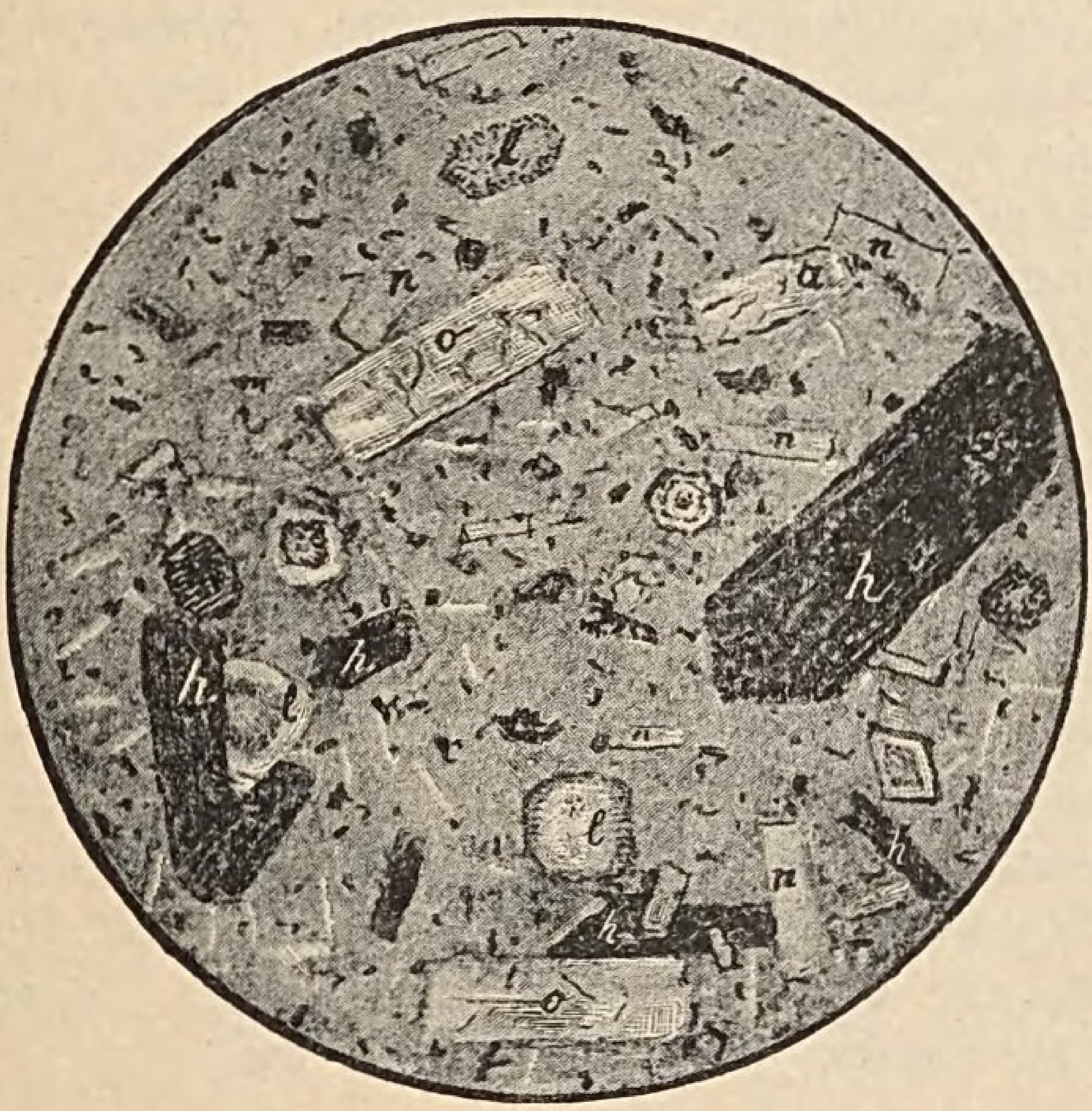


Fig. 57. Phonolith.
o Sanidin, h Hornblende, n Nephelin, l Nosean, m Magnetit.

200. **Phonolith.** Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 57. Unter diesem Namen sind hier Gesteine verstanden, welche vorwiegend die Kombination Sanidin, Nephelin resp. Leucit*) darstellen. Mit ihnen sind stets Mineralien der Augit-Hornblendegruppe sowie Nosean und Hauyn verbunden. Untergeordnet erscheinen dann auch Apatit, Magnetit, Titanit, Glimmer, Plagioklas u. a. Diese Gemengteile bilden eine dicht erscheinende, unter

*) Es ist bemerkenswert, daß der Leucit bis jetzt als Gemengteil eines vortertiären Gesteines nicht aufgefunden wurde.

dem Mikroskope krystalline Grundmasse, in welcher größere Krystalle von Sanidin, Nephelin, Hauyn ꝛc. porphyrisch ausgeschieden liegen. Das Gestein ist in der Regel fest, neigt zu plattenförmiger Absonderung und klingt (daher Klingstein), wenn es mit einem Metallstabe geschlagen wird.

Die Farbe der Phonolithe ist in der Regel eine dunkel graugrüne.

Unter dem Mikroskope charakterisieren sich die Gemengteile durch jene Eigentümlichkeiten, welche schon im allgemeinen Teile hervorgehoben wurden. Bemerkenswert ist, daß sich hier sehr häufig infolge der Zersetzung der Sanidine, Hauyne u. dergl. eine Zeolithbildung beobachten läßt. Außerdem treten Zeolithe und kohlensaurer Kalk sehr häufig als Ausfüllung von Hohlräumen, welche sich mitunter zahlreich besonders an der Oberfläche finden, auf. Selten läßt sich neben dem mikrokrystallinen Gemenge der genannten Mineralien amorphe Gesteinsbasis nachweisen.

Struktur. Die Struktur der Phonolithe ist in der Regel eine porphyrische, seltener eine körnige; übrigens läßt sich die erstere oft nur unter dem Mikroskope erkennen, da die größeren Ausscheidungen zuweilen keine bedeutenderen Dimensionen annehmen.

Chemische Zusammensetzung im Mittel: Kieselsäure 59,4, — Thonerde 19,5, — Eisenoxyd 3,5, — Mangan 0,2, — Kalk 2,3, — Magnesia 0,7, — Kali 6,0, — Natron 7,0, — Wasser 1,6 %. — Mit Salzsäure behandelt löst sich ein Teil (15—55 %) des Gesteins.

Vorkommen. Der Phonolith kommt, ähnlich dem Trachyt, in Kuppen und Gängen an verschiedenen Orten, so besonders in Böhmen, der Lausitz, Zentralfrankreich ꝛc., vor.

201. Diorit. Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 58. Die wesentlichen Gemengteile des Diorits sind ein Plagioklas mit Hornblende, dazu tritt in der Regel Orthoklas, ferner schwarzer Glimmer, Chlorit, Apatit, Magnetit und in geringeren Mengen Augit. An der Zusammensetzung mancher Diorite nimmt auch der Quarz in Körnern (Quarzdiorite) Anteil. Der Plagioklas, früher als Oligoklas bezeichnet, der aber zum Teil auch Labrador sein dürfte, erscheint entweder in deutlich begrenzten Krystallen oder in Körnern. Makroskopisch ist er durch seine Zwillingsstreifung und seinen matten Glanz kenntlich. Seine Farbe ist weiß, gelblich oder grünlich. Der Orthoklas ist an dem Fehlen der Zwillingsstreifung, seinem stärkeren Glanz und dem meist frischen Erhaltungszustand zu erkennen. Die gewöhnlich stark vorwaltende schwarzgrüne Horn=

blende tritt entweder in kurzen Säulen, meist aber in Körnern und Fetzen oder in nicht deutlich begrenzten Partien auf. Oft stellt sich neben der Hornblende schwarzer Glimmer ein, welcher erstere zuweilen fast ganz verdrängt, wodurch die sogenannten Glimmerdiorite entstehen. Manchmal vertritt den Glimmer der Chlorit. Quarz ist makroskopisch selten zu beobachten, ebensowenig die übrigen oben genannten Gemengteile.

Accessorisch sind Titanit, Granat, Pistazit, Pyrit 2c. vorhanden.

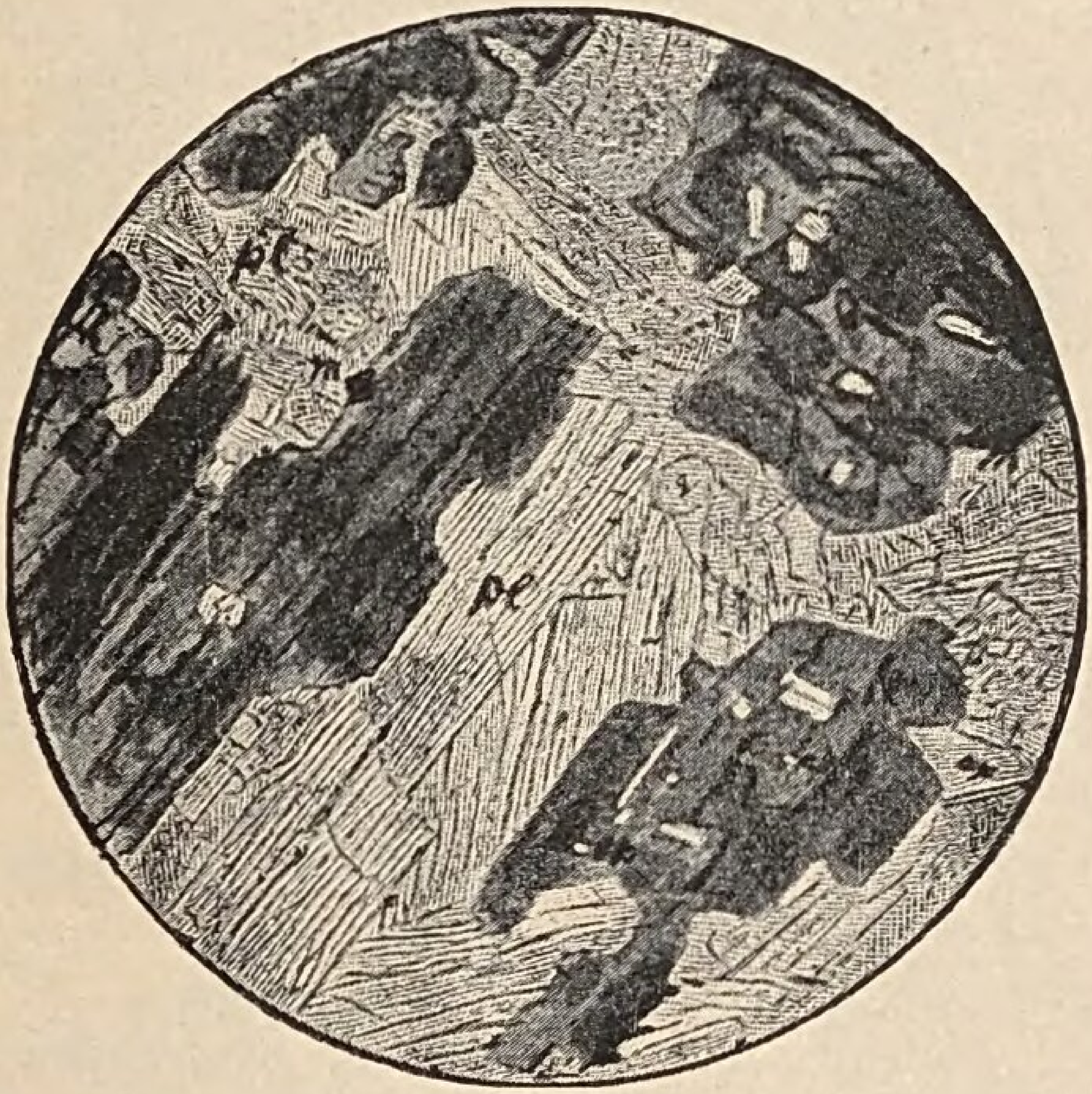


Fig. 58. Diorit.
pl Plagioklas, h Hornblende, gl Biotit, m Magnetit, ap Apatit.

Die Farbe der Diorite ist meist dunkelgrau bis grün, weshalb sie, sowie die ähnlich aussehenden Diabase, Porphyrite u. dgl. früher unter dem Namen „Grünstein“ (Trapp) beschrieben wurden; die schiefrigen Abänderungen dieser Gesteine heißen „Grünsteinschiefer“, porphyrische „Grünsteinporphyr“.

Unter dem Mikroskope. Wie makroskopisch, so erweist sich das Gestein auch unter dem Mikroskope durchaus körnig. Die Plagioklase zeigen die charakteristische bunte Zwillingsstreifung zwischen + Nicols; doch wird die Erscheinung hier sehr häufig durch eintretende Trübung infolge von Zersetzung verwischt. Als

Orthoklase werden in der Regel die nicht gestreiften Feldspate angesehen. Die Hornblende, meist grün, öfters mehr oder weniger zersetzt, zeigt unregelmäßige oder deutliche Krystallumrisse, oder faserige Aggregate (Epidiorite, wenn mit Augit verbunden), und ist durch Spaltbarkeit und Dichroismus wohl charakterisiert. Eingeschlossen findet man häufig Magnetitkrystalle und Apatitnadeln. Die übrigen Gemengteile zeigen keine besonders bemerkenswerten Eigentümlichkeiten.

Struktur. Die Struktur der Diorite ist, wie bereits hervorgehoben wurde, eine durchaus körnige. Zuweilen entsteht durch Parallelanordnung der Hornblendekrystalle eine schiefrige Struktur (Dioritschiefer); durch radiale Anordnung von Feldspat- und Hornblendenadeln in abwechselnden Schalen um einen Kern aus Feldspat und Hornblende bestehend zeichnet sich der sogenannte Kugeldiorit (Corsit) auf Corsica aus.

Chemische Zusammensetzung im Mittel: Kieselsäure 51,0, — Thonerde 18,5, — Eisenoxydul 11,0, — Kalk 7,5, — Magnesia 6,0, Kali 2,5, — Natron 3,0 %, — Spuren von Wasser.

Vorkommen. In Gängen und Stöcken oder Lagern in Granit und Gneis und in den krystallinen Schiefern der paläozoischen Formationen. So in Deutschland (Harz, Thüringerwald, Erzgebirge), Ural.

Durch Zersetzung und chemische Umwandlung gehen aus den Dioriten nicht selten chloritische Gesteine hervor.

Als Varietäten des Diorits sind zu nennen:

Ophit, quarzfrei, reich an Uralit mit accessorischem Glimmer, Magnetit, Eisenglanz und Epidot als Zersetzungsprodukt (jünger als die eigentlichen Diorite). Pyrenäen.

Tonalit (Adamellogranit), aus weißem Plagioklas, Quarz in Körnern und Dihexaedern, grünschwarzer Hornblende und sechsseitigen schwarzen Glimmertäfelchen bestehend. Adamello, südlich vom Tonalepaß, Meran, Brixen in Tirol, Tauern.

Kersantit und Kersanton sind quarzführende, gangförmig auftretende Glimmerdiorite (Lamprophyre) mit Augit, welche in der Bretagne, in den Vogesen, im Hunsrück rc. vorkommen.

Timazit, mit faseriger Hornblende (Stralstein), Siebenbürgen.

202. **Porphyrit** (Dioritporphyrit). Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 59. Wesentliche Gemengteile. Unter Porphyrit versteht man porphyrisch entwickelte Diorite oder besser, porphyrisch

entwickeltes Dioritmaterial. Es liegen also größere Ausscheidungen von Plagioklas und Hornblende oder schwarzem Glimmer in einer makroskopisch dichten Grundmasse. Zuweilen ist auch Quarz makroskopisch ausgeschieden. Meist ist dem Plagioklas auch etwas Orthoklas beigemengt. Die Gemengteile sind wie bei Diorit charakterisiert.

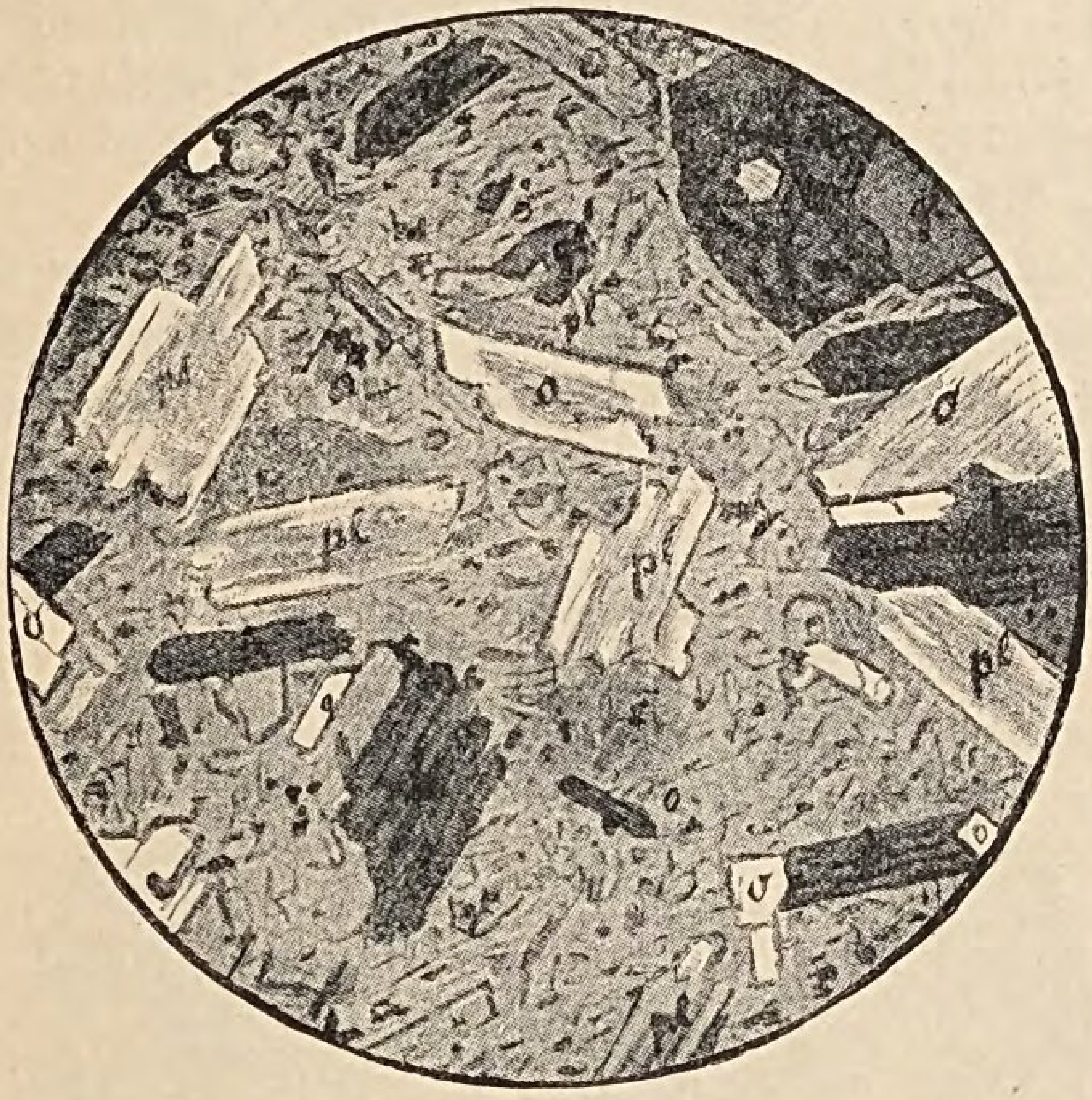


Fig. 59. Dioritporphyrit.
pl Plagioklas, h Hornblende, o Orthoklas.

Die Farbe der Porphyrite ist in der Regel dunkel, braun, grau, grün.

Unter dem Mikroskope. Die Grundmasse zeigt entweder, wie die Grundmasse der Porphyre, amorphe Basis oder mikrofelsitische Ausbildung oder sie ist krypto- und mikrokrystallin und dann vorwaltend aus Feldspat und Quarz oder aus Feldspat mit Hornblende oder Glimmer zusammengesetzt, oder sie ist fast nur ein Aggregat von Feldspatindividuen (Oligoklas), wodurch die Namen Quarzporphyrit, Hornblende-, Glimmer-, Oligoklasporphyrit hervorgerufen wurden. Die mikroskopische Beschaffenheit der Einsprenglinge gleich im allgemeinen der der Dioritgemengteile.

Struktur. Die Struktur der Porphyrite ist eine porphyrische. Unter dem Mikroskope kehren hier im wesentlichen dieselben Eigen-

tümlichkeiten, welche schon bei den Porphyren besprochen wurden, wieder.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 61, — Thonerde 17, — Eisenoxydul 5, — Kalk 5, — Magnesia 3, — Kali 4, — Natron 4 %, etwas Wasser. Der sog. Porfido rosso antico ist ein Porphyrit, der roten Epidot enthält (Aegypten).

Töllit ist ein Quarzhornblendeporphyrit von der Töll bei Meran (Tirol). Ein ähnliches Gestein ist der Vintlit (Pusterthal).

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Lagern: Altai, Vogesen, Erzgebirge, Alpen.

Camptonit nennt man ein dichtes, schwarzes, basaltisch aussehendes Ganggestein (Lamprophyr), dessen Grundmasse aus Plagioklas, Hornblende und amorphem Glase besteht, in welcher größere Ausscheidungen von schwarzer Hornblende liegen.

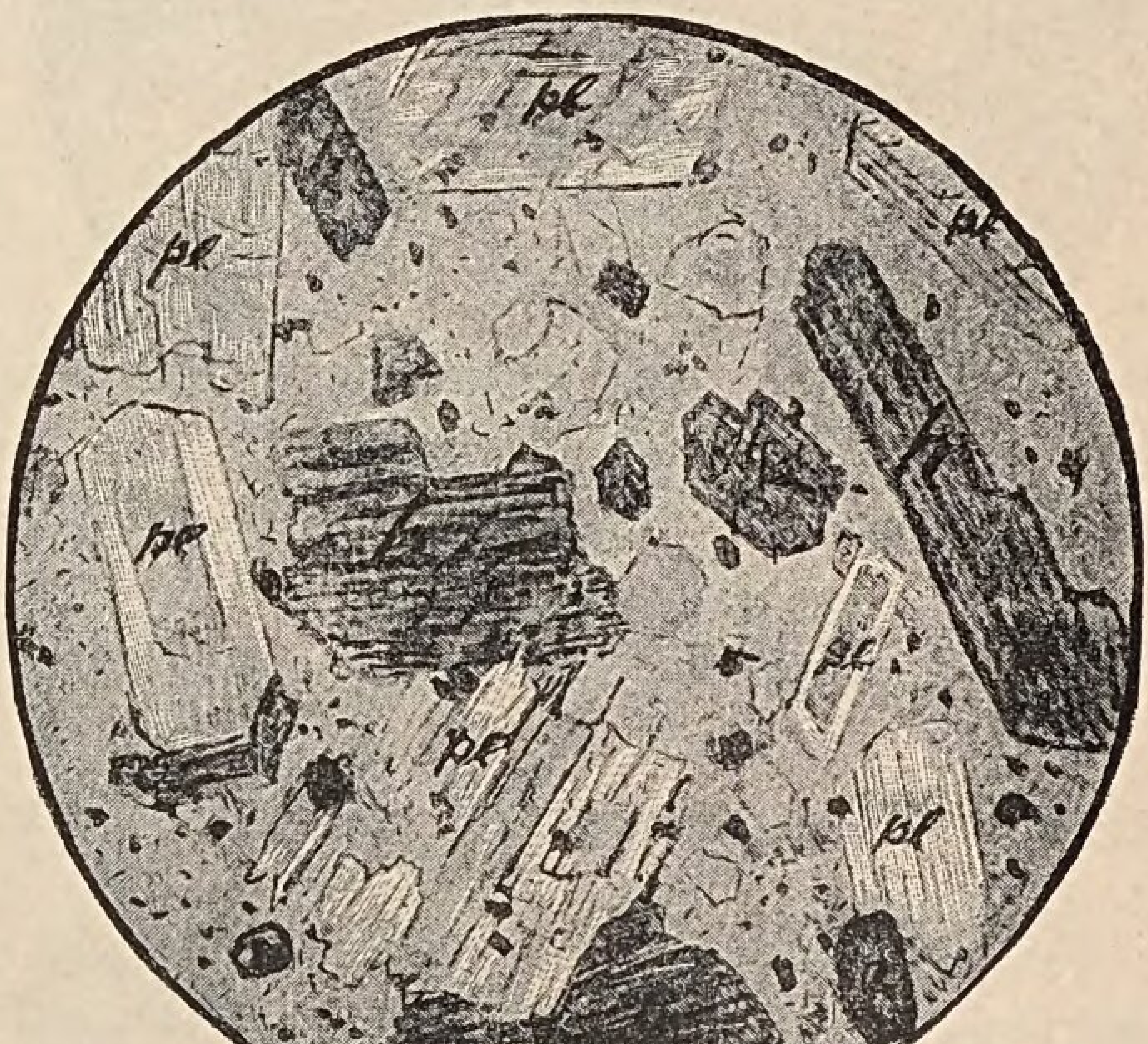


Fig. 60. Hornblende-Andesit.
pl Plagioklas, h Hornblende, o Sanidin, m Magnetit.

203. **Hornblende-Andesit** (Amphibol-Andesit). Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 60. Die wesentlichen Gemengteile sind Plagioklas und Hornblende, zu denen sich Biotit, zuweilen noch etwas Augit gesellt; eine Reihe dieser Gesteine führt auch Quarz,

wonach quarzführende und quarzfreie Hornblende-Andesite unterschieden werden. Neben dem Plagioklas tritt meist Orthoklas (Sanidin) in wechselnden Mengen auf, daher die Grenze dieser Gesteine gegen die Trachyte und Liparite nicht immer scharf gezogen werden kann.

Der Plagioklas erscheint im Gegensatz zu den Plagioklasen der älteren Eruptivgesteine und analog dem Sanidin sehr oft in glasiger Ausbildung, so daß derselbe auch durch einen eigenen Namen als „Mikrotin" davon unterschieden wurde; in der Regel tritt er in schmal leistenförmigen Krystallen auf. Ebenso sind Hornblende und Glimmer („Glimmerandesit" bei herrschendem Biotit) in der Regel in deutlich entwickelten Krystallen vorhanden. Quarz erscheint, wo er überhaupt vorkommt, in Körnern und Krystallen. Außer diesen Ausscheidungen führen viele hierhergehörige Gesteine noch amorphe Basis. Als Zersetzungsprodukte finden sich in manchen Andesiten Opal und Chalcedon. Im Aeußern gleichen die Andesite sehr den Trachyten und Lipariten, von welchen sie früher nicht scharf geschieden wurden.

Unter dem Mikroskope. Ueber die mikroskopische Beschaffenheit der Gemengteile ist zu dem, was bei den Lipariten angeführt wurde, wenig hinzuzufügen. Der Plagioklas zeigt, wo er in der erwähnten glasigen Form auftritt, wasserhelle Leisten, welche zwischen den Nicols die bekannte buntfarbige Streifung zeigen. In manchen Andesiten erscheint er übrigens im Habitus der Plagioklase in den älteren Gesteinen. Zersetzungserscheinungen in Form schuppiger Aggregate lassen sich allenthalben beobachten. Glaseinschlüsse sind hier, sowie in den anderen Gemengteilen nicht selten. Der Quarz zeigt auffallenderweise weniger Glaseinschlüsse als bei den Lipariten, dagegen nicht selten Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle. Als untergeordnete Gemengteile sind unter dem Mikroskope sehr häufig zu beobachten Apatit, Magnetit, Hauyn, Granat.

Struktur. Selten sind die Andesite rein körnig, viel häufiger findet man eine porphyrische Ausbildung, das heißt eine solche, wo größere Ausscheidungen einer mikrokrystallinen Grundmasse gegenüberstehen.

Die chemische Zusammensetzung ist selbstverständlich nach dem Quarzgehalte verschieden.

Quarzführende Andesite: Kieselsäure 66,1, — Thonerde 14,8, — Eisenoxydul 6,3, — Kalk 5,3, — Magnesia 2,4, — Kali und Natron 4,7, — Wasser 0,5 %.

Quarzfreie Andesite: Kieselsäure 50,8, — Thonerde 17,3, — Eisenoxyd und -oxydul 7,6, — Kalk 6,0, — Magnesia 1,3, — Kali 3,1, — Natron 4,0, — Wasser 1,0 %.

Vorkommen. In ähnlichen Formen, wie Trachyte und Liparite, in Ungarn und Siebenbürgen, Euganeen, Siebengebirge, Eifel 2c.

Mit dem Namen „Dacite" wurden ursprünglich ungarische quarzführende Hornblende-Andesite belegt, gegenwärtig gebraucht man diesen Namen überhaupt für die quarzführenden Hornblende-Andesite.

Propylit heißt man grausteinähnliche (dioritisch aussehende) Andesite; sie sind häufig mit Erzen verbunden (Ungarn, Sierra Nevada, Mexico).

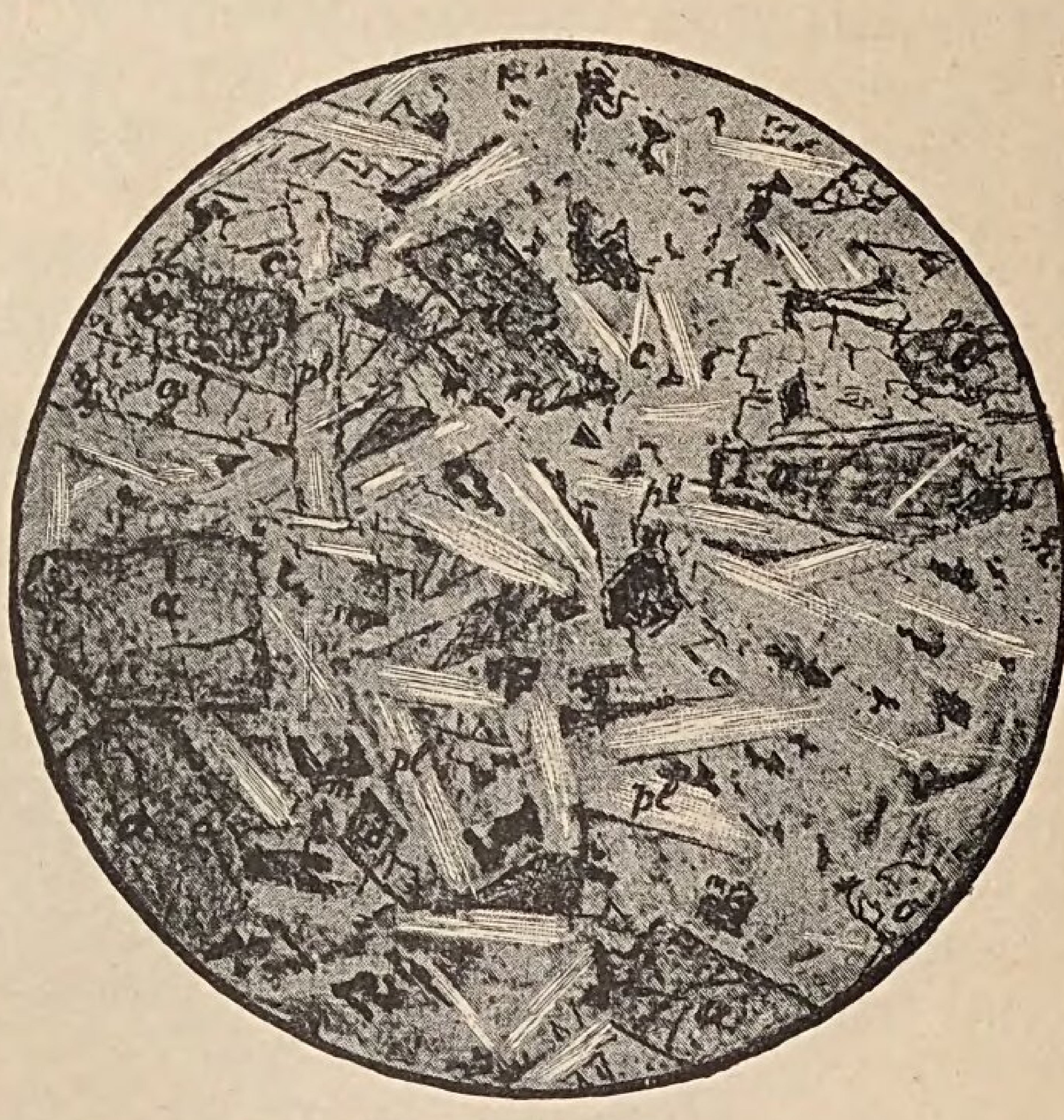


Fig. 61. Diabas.
pl Plagioklas, a Augit, o Olivin, m Magnetit.

204. **Diabas.** Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 61. Die wesentlichen Gemengteile sind Plagioklas und Augit, in der Regel mit bedeutenden Mengen von Magnetit. Daran reihen sich mehr untergeordnet oder nur für einzelne Vorkommnisse charakteristisch: Hornblende, Biotit, Enstatit, Quarz, Olivin; Apatit findet sich

allenthalben mikroskopisch in den Diabasen; auch Orthoklas stellt sich zuweilen neben dem Plagioklas ein. Als Zersetzungsprodukt kommen Chlorit und Calcit vor.

Der leistenförmige Plagioklas zeigt, wo er makroskopisch zu erkennen ist und wo die so ungemein häufige Zersetzung nicht stört, die bekannte Streifung. Der Augit erscheint meist als Krystallkorn zwischen den Feldspatkrystallen. Eine große Zahl von Diabasen besitzt übrigens ein so kleines Korn, daß die makroskopische Beobachtung keinerlei Gemengteile mit Sicherheit erkennen läßt.

Die Farbe des frischen Gesteins ist zumeist dunkel, grau, grün.

Unter dem Mikroskope erscheint der Plagioklas gewöhnlich in buntstreifigen Leisten, in der Regel stark zersetzt und zu feinkörnigen, kryptokrystallinen Aggregaten umgewandelt. Als Einschlüsse sind neben denen von associierten Mineralien, wie sie sich fast überall finden, Glaspartikelchen und opake Körner zu erwähnen. Die Augitkörner, in der Regel als Ausfüllung zwischen den Feldspatleisten vorkommend, sind gewöhnlich vom Rande her stark zu einer „chloritischen" Masse zersetzt, welche wegen der Unsicherheit in ihrer Bestimmung hier wie anderswo mit dem Namen Viridit belegt wurde. Der Quarz, der teils als ursprünglicher Gemengteil, teils als Zersetzungsprodukt vorkommt, zeigt unregelmäßige Körner, oder erscheint als Ausfüllung von Hohlräumen. Bezüglich der übrigen Gemengteile muß auf ihre Charakterisierung im allgemeinen Teil verwiesen werden.

Die Struktur der Diabase ist eine rein körnige, gewöhnlich die sog. ophitische, welche dadurch entsteht, daß die Zwischenräume zwischen den idiomorphen Plagioklasleistchen durch xenomorphe Augitkörner ausgefüllt werden. Die Korngröße schwankt zwischen weiten Grenzen; besonders sind es die geologisch jüngeren Glieder dieser Gesteinsfamilie, welche ein makroskopisch durchaus nicht mehr auflösbares Korn zeigen und daher Aphanit genannt wurden. Zuweilen sind in einer solchen Gesteinsmasse größere Krystalle ausgeschieden, wodurch das Gestein ein porphyrartiges Ansehen gewinnt. Solche Gesteine wurden dann, wiewohl uneigentlich, da eine amorphe Basis fehlt, mit anderen, welche eine solche Basis besitzen (vergl. S. 158), „Diabasporphyre" (richtiger „porphyrartige Diabase") genannt. Je nach der Natur des vorherrschenden größeren Gemengteils unterschied man zwischen Labrador- und Augitporphyr. Durch Parallellagerung der Feldspatleisten gewinnt das Gestein eine schiefrige Struktur (Diabasschiefer).

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 47,5, — Thonerde 16,3, — Eisenoxyd 12,5, — Kalk 11,2, — Magnesia 6,5, — Kali 0,9, — Natron 3,1, — Wasser 1,8 %.

Vorkommen. Die Diabase treten in Lagern und Gängen zwischen den Sedimentgesteinen der paläo- und mesozoischen Periode auf und finden sich in Deutschland in Nassau, Westfalen, im Harze und Fichtelgebirge, ferner in Norwegen und Nordamerika.

Varietäten: Proterobas, ein Diabas mit bedeutendem Hornblendegehalt (Fichtelgebirge).

Leukophyr, ein hellfarbiger, feldspatarmer, chloritreicher Diabas.

Variolith, eine Strukturvarietät des Diabases, die sich in der Kontaktzone der Diabase mit den Schiefern findet. Hier liegen in einer homogenen, oft krystalline Ausscheidungen enthaltenden Grundmasse mehr oder weniger aneinander gedrängte, kugelige, in die Grundmasse verfließende Gebilde, die sich unter dem Mikroskope als in der verschiedensten Art zusammengesetzt erweisen. Die Natur dieser Gebilde ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Bei der Verwitterung treten die kugeligen Körperchen pockennarbenartig hervor, daher die Gesteine wohl auch Blatternsteine genannt werden (Fichtelgebirge, Seealpen).

Diabasmandelstein (Spilit), ein dichter Diabas, dessen zahlreiche Blasenräume mit Kalkspat erfüllt sind (Nassau).

Mit Rücksicht darauf, daß die Hornblende des Ophits durch Umwandlung aus dem Augit hervorgegangen ist, könnte dieses Gestein noch hier angereiht werden (vergl. Diorit und Nr. 185).

Anhangsweise möge hier noch ein vortertiäres, wenig bekanntes Gestein, der Teschenit aus Schlesien und Mähren, erwähnt werden. Derselbe besteht aus Plagioklas, Augit, Nephelin, Hornblende, Titaneisen und Apatit mit accessorischem Biotit, Olivin, Titanit und Magnetit und zeigt grob- bis feinkörnige Struktur.

205. **Gabbro.** Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 62. Die wesentlichen Gemengteile sind ein Plagioklas mit Diallag oder Smaragdit; dazu gesellt sich meist Magnetit und Titaneisen nebst Apatit. Eine gewisse Gruppe von Gabbros ist durch einen bedeutenden Gehalt an Olivin ausgezeichnet (Olivingabbro und Forellenstein, wenn der Diallag zurücktritt). In vielen hierher gehörigen Gesteinen findet man auch Hypersthen oder Enstatit und Broncit. Der Plagioklas (Labrador- und Anorthit) kommt in deutlichen Krystallen von grauer oder bläulichvioletter Farbe vor.

In vielen Fällen ist der Feldspat saussuritartig (vergl. unten: Unter dem Mikroskope). Der Diallag von grauer, brauner oder schmutzig grüner Farbe erscheint zuweilen in größeren, unregelmäßig begrenzten Individuen mit dem charakteristischen schillernden Glanz auf den Spaltungsflächen. Der Smaragdit ist leicht durch seine grüne Farbe und seinen Perlmutterglanz zu erkennen.

Als accessorische Gemengteile sind Biotit und Hornblende, Talk, und Serpentin neben Granat, Pyrit ꝛc. anzuführen.

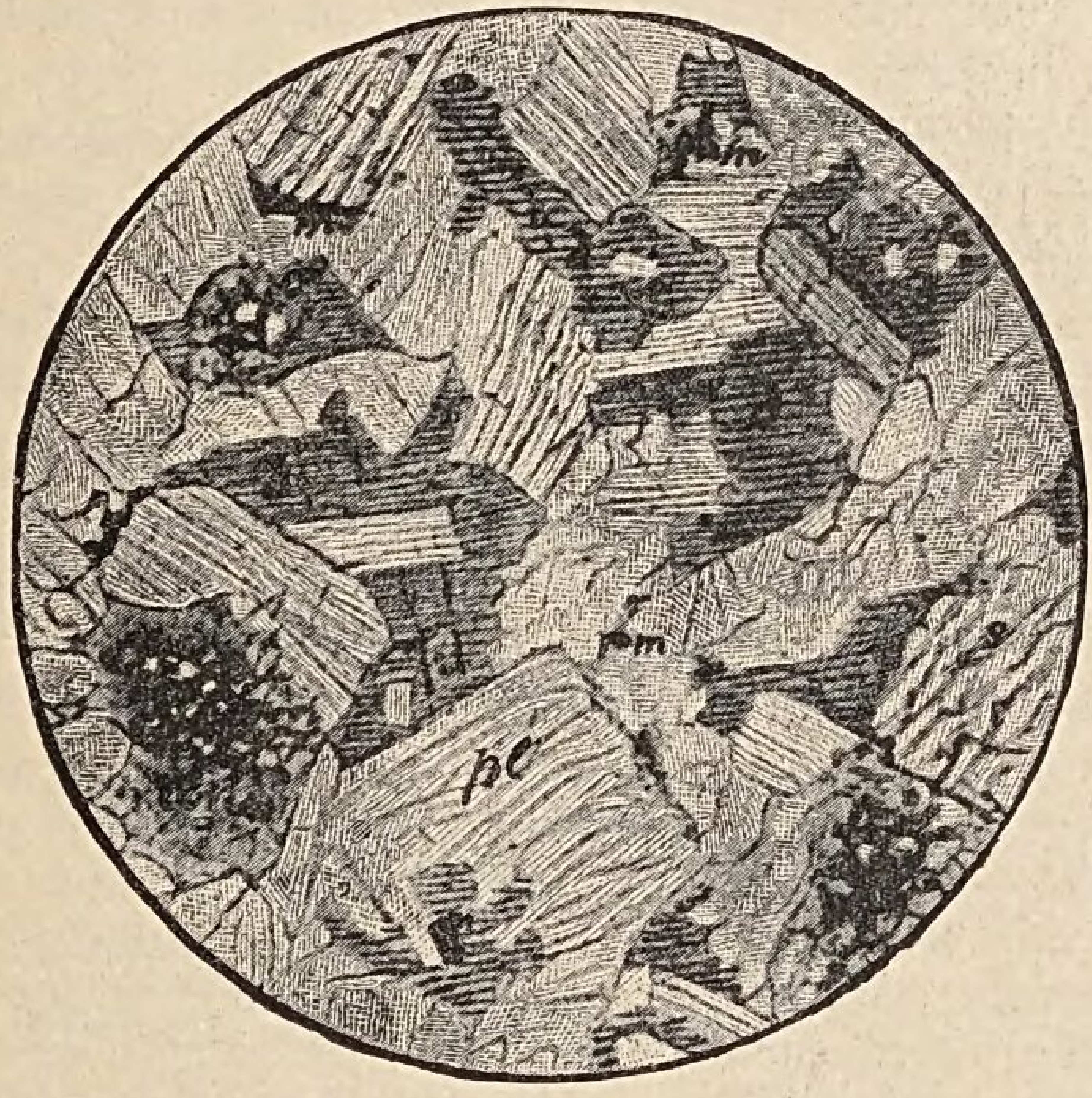


Fig. 62. Gabbro.
pl Plagioklas (Saussurit), d Diallag, h Hornblende, m Magnetit.

Die Farbe der Gabbros ist in der Regel dunkel, grau, braun.

Unter dem Mikroskope charakterisieren sich die Gemengteile in der im allgemeinen Teile bereits beschriebenen Weise. Der Plagioklas ist von zahlreichen Interpositionen als: Flüssigkeitseinschlüsse, schwarze Nädelchen und Körnchen, braune Täfelchen ꝛc. getrübt. Sehr häufig findet man an Stelle des Feldspats ein Aggregat von feinsten, teils farblosen, teils grünlichen Nädelchen und Körnchen (Zoisit und Epidot) und kleinen Quarzpunkten; dazwischen liegen dann zuweilen sich kreuzende gelbbraune kurze Säulchen und andere derartige Gebilde. Solche Aggregate wurden

als eine Feldspatspezies unter dem Namen „Saussurit" aufgeführt, dürften aber wohl nur ein Zersetzungsstadium von Feldspat darstellen. Sehr häufig beobachtet man Verwachsungen des Diallags mit Hornblende, welche letztere den ersteren wie ein Rahmen umgiebt, oder mit den rhombischen Gliedern der Pyroxengruppe, in der Regel in der Weise, daß die Vertikalachsen beider Mineralien parallel sind. Diallag und die rhombischen Pyroxene zeigen sehr oft Zersetzungserscheinungen, wobei sich Serpentin und chloritische Substanzen bilden. Die Olivine der Gabbros zeichnen sich vor denen anderer Gesteine durch ganz eigentümliche Interpositionen in Form von hakig gebogenen, zuweilen hübsch gruppierten nadelförmigen Mikrolithen aus. Olivine der Forellensteine zeigen die früher (S. 74) beschriebene Umwandlung in Serpentin sehr vollkommen.

Die Struktur der Gabbros ist eine durchaus körnige, ohne Spur von glasiger Basis.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 53,7, — Thonerde 20,8, — Eisenoxyd 1,0, — Eisenoxydul 7,6, — Kalk 9,2, — Magnesia 1,6, — Kali 1,6, — Natron 3,3, — Glühverlust 1,3 %.

Vorkommen in Stöcken zwischen Granit, azoischen und paläozoischen Schiefern (Harz, Sachsen, Vogesen, Alpen, Norwegen).

Unter dem Namen „Norit" werden alle diejenigen nicht porphyrischen Gesteine zusammengefaßt, in denen neben dem Plagioklas irgend ein rhombischer Pyroxen als wesentlicher Gemengteil vorkommt, da eine Trennung derselben, wegen der Schwierigkeit einer Unterscheidung der rhombischen Pyroxene voneinander, schwer durchführbar ist. Gewöhnlich werden diese so zusammengesetzten Gesteine unter verschiedenen Namen als Norit, Hypersthenit, Schillerfels, Bastitfels, Protobastitfels ꝛc. aufgeführt. Es sind dies sämtlich ältere, fein- bis grobkörnige Gesteine von mehr oder weniger dunkler Färbung und untergeordneter Verbreitung. Die porphyrischen Abänderungen dieser Gesteinsgruppe werden Noritporphyrite genannt. Nordamerika, Norwegen, Harzburg, Volpersdorf, Klausen in Tirol.

206. **Diabasporphyrit** (Augitporphyrit). Unter diesem Namen sind hier jene Gesteine verstanden, welche neben den krystallinen Gemengteilen der Diabase noch eine amorphe Basis aufweisen, so daß sich diese Gesteine zu den körnigen Diabasen so verhalten wie die Quarzporphyre zu den Graniten. Bei vorherrschender glasiger Grundmasse nennt man diese Gesteine wohl auch Augitvitrophyrit. Von einer Beschreibung der Gemengteile, welche porphyrisch

ausgeschieden sind oder auch einen Teil der Grundmasse bilden, kann daher hier abgesehen werden. Die Basis ist entweder ein mehr oder weniger mit Entglasungsprodukten erfülltes Glas oder sie ist, verbunden mit kryptokrystallinen Elementen, mikrofelsitisch. Es ist begreiflich, daß eine große Menge der bis jetzt nur makroskopisch bestimmten Gesteine, welche hierher gehören, teils unter den Diabasen (vergl. oben die Diabasporphyre), mit welchen sie durch Uebergänge verbunden sind, teils bei den Melaphyren (vergl. unten) zu suchen sind. Demgemäß fällt auch das Vorkommen dieser Gesteine zumeist mit dem bei Diabas und Melaphyr erwähnten zusammen.

Porfido verde antico ist ein Diabasporphyrit („Labradorporphyr") von Marathonisi am Golf von Kolokythia in Südmorea.

Augitporphyr (Augitophyr), ein Diabasporphyrit mit reichlichen Ausscheidungen makroskopischer Augite (Südosttirol). Zuweilen ist der Augit in Uralit umgewandelt (Uralitporphyrit am Monte Mulatto bei Predazzo in Südtirol).

Mit dem Namen Ortlerit hat man eigentümliche an jüngere Eruptivgesteine erinnernde Augitdioritporphyrite des Ortlergebietes benannt. Etwas abweichende, andesitähnliche, ebendort vorkommende Gesteine wurden unter dem Namen Suldenit beschrieben.

Palatinite nennt man hierher gehörige, dunkle, melaphyrähnliche Gesteine, der Dyas angehörig, welche sich durch einen Gehalt an Enstatit und spärliche amorphe Basis auszeichnen (Saar-Nahegebiet).

207. Melaphyr. Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 63 S. 160. Wesentliche Gemengteile sind Plagioklas, Augit und Olivin mit Magnetit und Titaneisen nebst etwas Apatit und einer Basis. Makroskopisch sind die Gemengteile selten deutlich erkennbar. Die ganze Melaphyrgesteinsmasse dagegen erscheint zähe, hart, dunkel (meist schwarz, grünlich, rötlich, bräunlich), von unebenem Bruche und der Härte gegen 6. An verwitterten Flächen erscheint das Gestein durch Zersetzung der eisenhaltigen Bestandteile rötlichbraun gefärbt.

Accessorisch treten Pyrit, Eisenglanz, Kupfer und Silber, zuweilen auch mikroskopischer Quarz auf.

Unter dem Mikroskope. Die leistenförmigen, buntstreifigen Plagioklase mit zahlreichen Glas- und Schlackeneinschlüssen zeigen häufig Zersetzungserscheinungen, wobei sich in der Regel kohlensaurer Kalk bildet; zuweilen findet man auch sanidinartige

Orthoklase. Der Augit, häufig und besonders in glasreichen Melaphyren sehr zurücktretend, zeigt die schon bei den Diabasen erwähnten Eigentümlichkeiten; manche Melaphyre weisen auch ganz geringe Mengen von Hornblende und Biotit auf. Der Olivin ist teils in deutlicher Krystallform, teils als Korn in der Grundmasse vorhanden. Er zeigt häufig die oft erwähnte Umwandlung in Serpentin oder auch in Chlorit und Delessit; auch Umwandlungen desselben in Eisenoxyd findet man zuweilen. Der Apatit bildet die

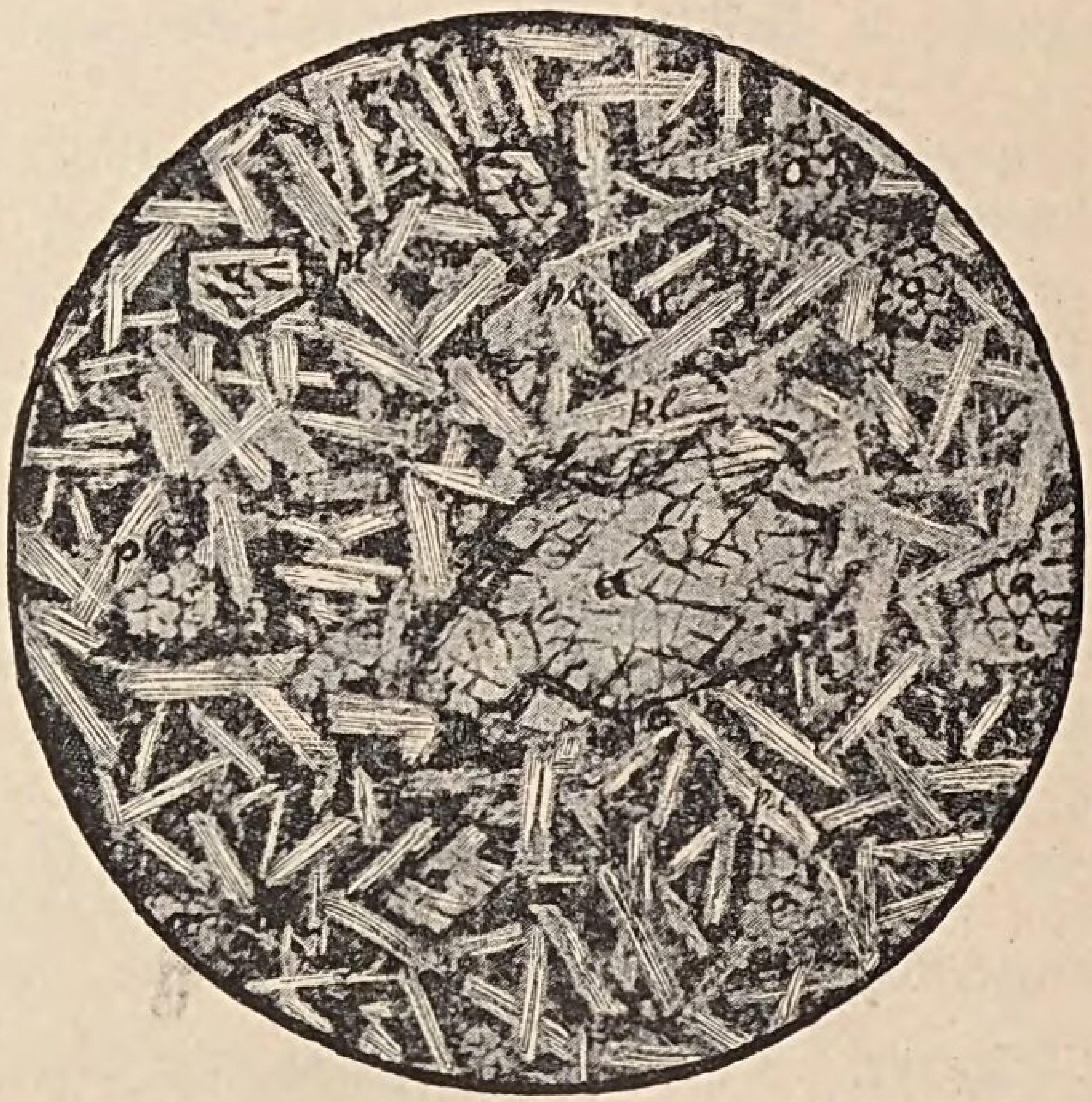


Fig. 63. Melaphyr.
pl Plagioklas, a Augit, o Olivin, m Magnetit.

auch sonst überall verbreiteten langen hellweißen Nadeln. Die amorphe Basis der Melaphyre, deren Mengenverhältnis den krystallinen Ausscheidungen gegenüber ein sehr wechselndes ist, gleicht im wesentlichen der der Porphyre; sie ist teils ein reines Glas, teils gekörnelt oder von anderen zahlreichen Entglasungsprodukten durchsetzt, teils mikrofelsitisch.

Die Struktur der Melaphyre zeigt alle Uebergänge von vollkommen porphyrischer bis fast körniger Entwickelung. Mikrofluidalstruktur läßt sich oft beobachten. Eine besonders häufige Erscheinung bei Melaphyren ist die Mandelsteinstruktur; die durch Gasentwickelung

im Gestein entstandenen, mitunter sehr zahlreichen Hohlräume von verschiedener Größe und Gestalt, oval, zugespitzt, rundlich, wurmförmig gestreckt u. dergl., sind von den verschiedensten Infiltrationsprodukten erfüllt, so von Delessit, Chalcedon, Quarz, Calcit und Zeolithen.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 56,8, — Thonerde 17,8, — Eisenoxydul 6,6, — Kalk 7,0, — Magnesia 3,0, — Kali 2,1, — Natron 2,6, — Wasser 1,9%; außerdem geringe Mengen von Kohlensäure, Titansäure und Phosphorsäure.

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Lagern in Nordamerika (Lake superior), Harz, Hunsrück, Böhmen, Südtirol. Seine Eruption fällt besonders in die Steinkohlenformation und in die Dyas.

208. **Augit-Andesit.** Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 64. Als wesentliche Gemengteile sind aufzuführen Plagioklas

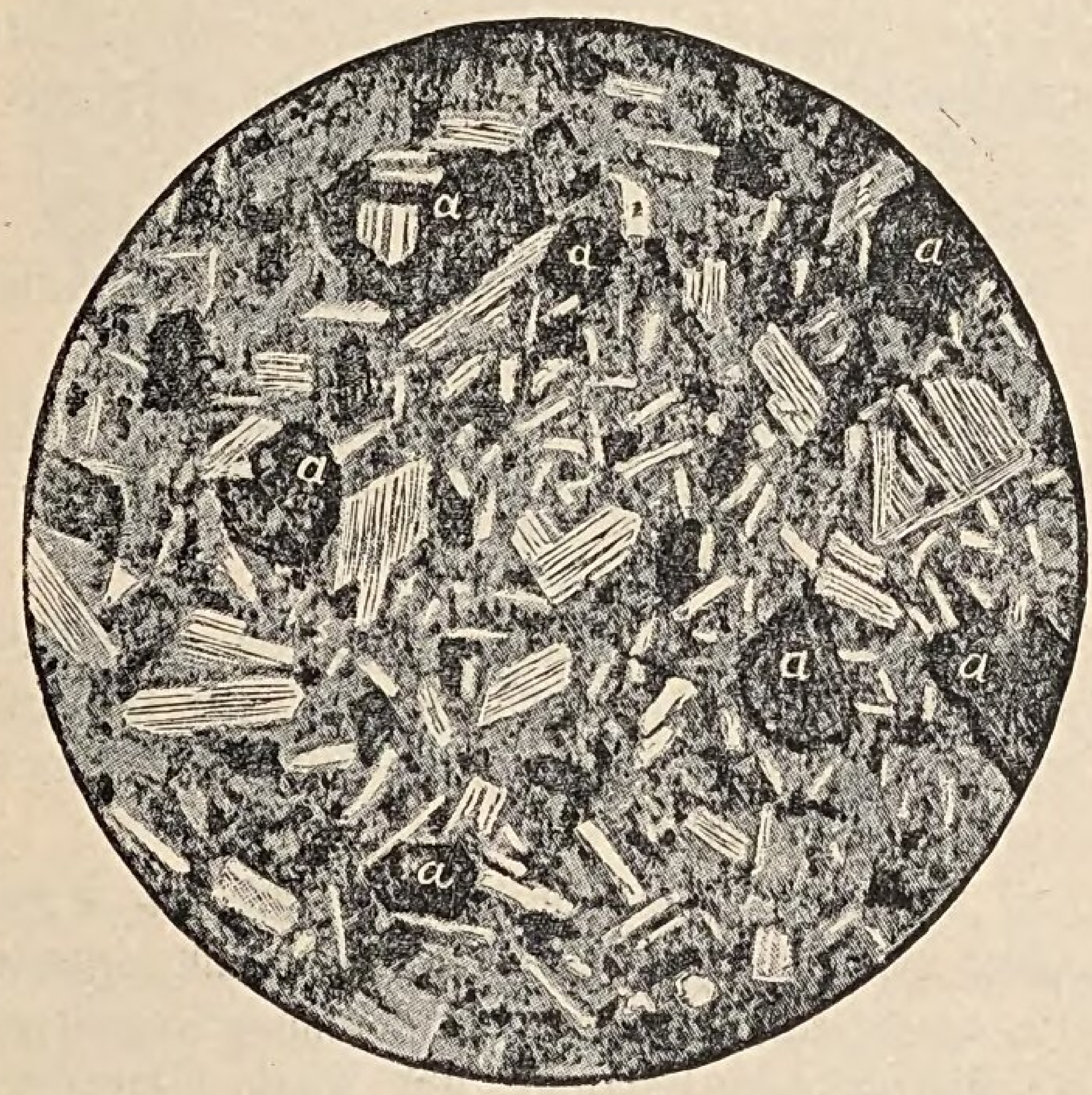


Fig. 64. Augit-Andesit.
pl Plagioklas, a Augit, h Hornblende.

und Augit, wozu sich untergeordnet Hornblende und Biotit, zuweilen auch Quarz gesellt; außerdem sind, jedoch meist nur mikroskopisch, Sanidin, Magnetit, Eisenglimmer, Apatit und Tridymit,

amorphe Basis und zuweilen auch etwas Olivin zu beobachten. Als Zersetzungsprodukte treten häufig Opal und Chalcedon auf. Die Gemengteile zeigen dieselben Eigenschaften, wie sie bereits bei den Hornblende-Andesiten beschrieben wurden. Auch das Gesamtaussehen der Gesteine gleicht sehr dem der genannten Andesite.

Unter dem Mikroskope. Rücksichtlich der mikroskopischen Verhältnisse ist zu dem bei den Hornblende-Andesiten angeführten nur weniges über die Beschaffenheit der Augite hinzuzufügen. Dieselben erscheinen meist in wohlentwickelten Krystallen und Zwillingen mit den charakteristischen, unregelmäßigen Rissen neben der deutlichen prismatischen Spaltbarkeit. Dichroismus ist zuweilen zu beobachten. Zersetzungserscheinungen sind seltener. Im Gegensatz zu den Hornblende-Andesiten, welche eine durchaus krystalline Entwickelung auch in der Grundmasse viel häufiger zeigen, tritt hier öfters eine amorphe Basis als Zwischendrängungsmasse zwischen den krystallinen Bestandteilen auf.

Struktur. Vorherrschend ist auch hier, wie bei den Hornblende-Andesiten, die porphyrische Struktur mit mehr oder weniger makroskopisch körniger oder dichter Grundmasse.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 57,2, — Thonerde 16,1, — Eisenoxydul 13,0, — Kalk 5,8, — Magnesia 2,2, — Kali 1,8, — Natron 3,9 %.

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Strömen (als Laven), welche sich zuweilen in Decken ausbreiten, in Ungarn, Island, Amerika.

209. **Basalt** (Feldspatbasalt). Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 65. Erklärung. Der Beschreibung jener Gesteine, welche unter dem Namen Basalt zusammengefaßt sind, muß eine kurze Bemerkung vorangeschickt werden.

Bevor die Anwendung des Mikroskops auf die Gesteinsuntersuchung exaktere Bestimmungen der Gesteinszusammensetzung möglich gemacht hatte, wurde eine Reihe von meist auch geologisch verknüpften Gesteinen als Glieder einer Labrador und Augit führenden und mit dem Namen „Basalt“ bezeichneten Familie angesehen, welche nach Anwendung genauer Untersuchungsmethoden mit Rücksicht auf ihre von diesem Typus abweichende mineralogische Zusammensetzung eine andere Stellung im System erhielten oder sogar ihre Selbständigkeit einbüßten. So wurden mit dem Namen „Dolerit“ grob- bis mittelkörnige Plagioklas- (und zwar, wie man annahm, Labrador-)

Augitgesteine bezeichnet. Sehr feinkörnige Gesteine derselben Zusammensetzung nannte man „Anamesit“, während unter „Basalt“ schlechthin dichte, schwarze Gesteine von der gleichen vorausgesetzten Zusammensetzung verstanden wurden. Da sich nun durch spätere Untersuchungen herausstellte, daß einerseits der Plagioklas dieser Gesteine durchaus nicht immer Labrador, sondern sehr häufig irgend ein anderes der zahlreichen Zwischenglieder zwischen Albit und

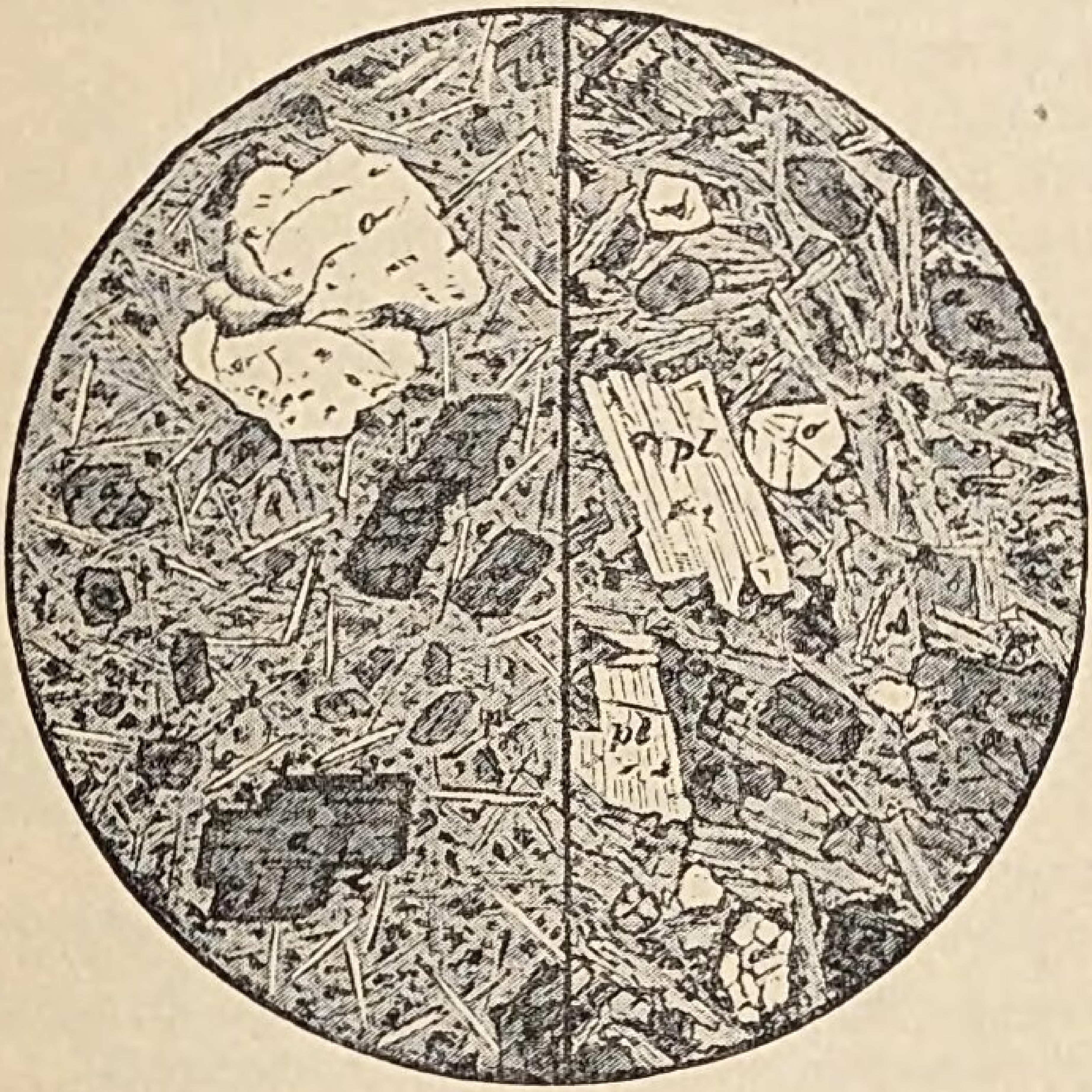


Fig. 65. Links, **Feldspatbasalt**; rechts, Anamesit.
pl Plagioklas, o Olivin, a Augit.

Anorthit sei, wodurch eine große Zahl dieser Gesteine unter die Bezeichnung Augit-Andesit fiel, anderseits nachgewiesen wurde, daß manche „Basalte“ überhaupt keine Feldspatgemengteile enthalten und daher in die Gruppe der feldspatfreien Gesteine verwiesen werden müssen, so mußte in einem Systeme, das die Familien vorwiegend nach dem mineralischen Bestande bildete, die Bezeichnung „Basalt“ entweder aufgelassen oder ihr ein bestimmterer Begriff untergelegt werden. Da viele der eben erwähnten Gesteine den Olivin als (bisher als accessorisch angesehenen) Gemengteil enthalten, so wurde für die Bezeichnung „Basalt“ ohne Rücksicht auf das Korn die im

folgenden aufgeführte Zusammensetzung als wesentlich festgestellt und alle jene Gesteine, welche dieser Zusammensetzung nicht entsprechen, in andere Familien verwiesen, so daß nun die Basalte als äquivalente jüngere Glieder der olivinführenden Diabase und Melaphyre erscheinen. Wenn dadurch auch einige äußerlich den Basalten ähnliche und mit ihnen verknüpfte Gesteine von diesen abgetrennt werden, so muß doch im Interesse eines strenge unter einem bestimmten Namen verstandenen Begriffes dieser Uebelstand ertragen werden, was um so leichter wird, je mehr eine bloß makroskopische Gesteinsbestimmung an wissenschaftlichem Werte verliert.

Wesentliche Gemengteile des Basalts sind also: ein Plagioklas mit Augit und Olivin; dazu gesellt sich Magnetit oder Ilmenit und Apatit. Als Zersetzungsprodukte treten häufig Karbonate auf (so z. B. Calcit). Wo, wie in den Doleriten, die Gemengteile deutlich erkennbar sind, findet sich der Plagioklas in weißen oder grauen glänzenden Täfelchen, der Augit in dunkelgrünen Säulchen; die übrigen Gemengteile sind makroskopisch meist nicht unterscheidbar. Die Anamesite erweisen sich bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge zwar als krystallinische Aggregate, ohne daß jedoch einzelne Bestandteile unterschieden werden könnten. Die eigentlichen Basalte dagegen sind schwarze, dicht aussehende Gesteine von mattem, flachmuscheligem Bruch, welche zuweilen einzelne größere Ausscheidungen porphyrartig enthalten.

Auch quarzführende Basalte wurden beschrieben (Kalifornien).

Unter dem Mikroskope erweisen sich die Plagioklase als buntstreifige, schön leistenförmige und sehr frische Krystalle; im Gegensatz zu den Plagioklasen der Andesite sind Zonarstruktur und Einschlüsse, sowie Verwitterungserscheinungen selten. Höchst spärlich ist unter dem Mikroskope neben Plagioklas Sanidin beobachtet worden, dagegen öfters Nephelin. Augit zeigt teils deutlich umgrenzte Krystallformen, teils kommt er in Körnern vor; ihm fehlen, wie dem Feldspat, in der Regel alle Zersetzungserscheinungen. Der Olivin, selten von sehr geringen Dimensionen, zeigt besonders in den glasreichen Varietäten deutliche Krystallumgrenzung, während er in den körnigen Basalten häufiger als Krystalloid gefunden wird. Er zeichnet sich durch konstant wiederkehrende bräunliche, schwer durchsichtige Picotiteinschlüsse von quadratischem oder rhombischem Durchschnitt aus. In vielen Basalten ist neben den krystallinen Ausscheidungen noch glasige Basis in verschiedenen Mengen und verschiedenen Formen der Entglasung vorhanden.

Struktur. Die Basalte sind teils rein körnig, teils besitzen sie eine amorphe Basis, wodurch sie in die Reihe der porphyrischen Gesteine treten; sehr häufig ist der porphyrische Charakter auch makroskopisch durch größere Ausscheidungen kenntlich. Unter diesen Ausscheidungen sind besonders größere tropfenartige Körner von glasglänzendem, ölgrünem Olivin bemerkenswert, auch grüne Hornblendekrystalle finden sich als größere Ausscheidungen zuweilen. Einschlüsse von kugeligen Aggregaten, welche vorwaltend aus Olivin bestehen, hat man „Olivinbomben" genannt (vergl. Lherzolith). Andere Basalte sind von zahlreichen Hohlräumen durchsetzt, welche mit Karbonaten und Zeolithen ausgefüllt sind und daher Mandelsteinstruktur besitzen. — Die Basalte zeigen sehr häufig eine säulenförmige Absonderung.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 43,0, — Thonerde 14,0, — Eisenoxyd und -oxydul 15,3, — Kalk 12,1, — Magnesia 9,1, — Kali 1,3, — Natron 3,9, — Wasser 1,3 %.

Vorkommen. Basalte kommen in Kuppen, Gängen, Strömen und Decken, oft in wiederholten Etagen vor; viele sind nachweisbare Laven (Aetna, Auvergne). Ihre Eruption fällt in die Tertiärzeit und dauert bis in die Gegenwart fort; ihre Verbreitung ist eine sehr bedeutende, so in Irland, Schottland, Deutschland, Frankreich, Italien. In Grönland findet man Basalte, welche größere Massen von gediegenem Eisen (daher Eisenbasalt) enthalten.

Aus der Zersetzung der Basalte gehen die sog. Wacken, Basaltwacken und Wackenthone hervor, welche wesentlich wasserhaltige Thonerdesilikate sind und durch Entfernung des Eisenoxyduls, der Kalk- und Bittererde und der Alkalien durch kohlensäurehaltiges Wasser entstanden ist. Es sind grünliche, grauliche, erdige und dichte, weiche Massen, in welchen noch die Ueberreste der ursprünglichen Mineralien Augit, Hornblende, Glimmer und Zeolithe eingeschlossen sind.

Als glasige Entwickelungsformen der Basalte sind die höchst untergeordnet vorkommenden und bislang als einfache Mineralien angesehenen Bildungen, welche unter den Namen Tachylit und Hyalomelan bekannt sind, anzusehen.

Außerdem dürften wohl auch unter den früher angeführten sauren Gläsern Gesteine zu finden sein, welche, wenn ihre chemische Zusammensetzung bekannt wäre, hierher gestellt werden müßten.

210. Basanite und Tephrite. Basanite nennt man Gesteine der Mineralverbindung: Plagioklas — Augit — Olivin mit Nephelin oder Leucit. Es sind vorwiegend vulkanische, basalt-

ähnliche Gesteine von geringerer Verbreitung (Eifel, Rhön, Sachsen, Schlesien 2c.). Tephrite sind ebenfals vulkanische Eruptivgesteine der Kombination Plagioklas — Nephelin oder Leucit oder beide (mit Augit). Sie haben eine ähnliche Verbreitung wie die Basanite.

211. Nephelinit und Nephelinbasalt. Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 66. Wesentliche Gemengteile sind Nephelin und Augit; dazu tritt Magnetit, Apatit und Olivin. Fehlt dieser letztere Gemengteil, so können die hierhergehörigen Gesteine einfach als Nephelinite bezeichnet werden, im anderen Falle gehören hierher die früher unter den eigentlichen Basalten verborgenen Gesteine und werden Nephelinbasalte genannt, unter welchem Namen, da die Korngröße nicht berücksichtigt wird, auch die „Nephelindolerite“ verstanden sind. Das Quantitätsverhältnis von Nephelin und Augit ist ein verschiedenes, indem bald der eine, bald der andere Gemengteil vorherrscht. Nephelin bildet häufig wohlbegrenzte Krystalle, meist aber erscheint er in grünlichgrauen oder gelblichen Körnern. Der schwarze Augit zeigt gewöhnlich deutlich entwickelte Krystalle.

Accessorisch treten auf: Leucit, Hauyn, Glimmer, Hornblende, Melanit, Melilith und zuweilen auch ein Feldspat.

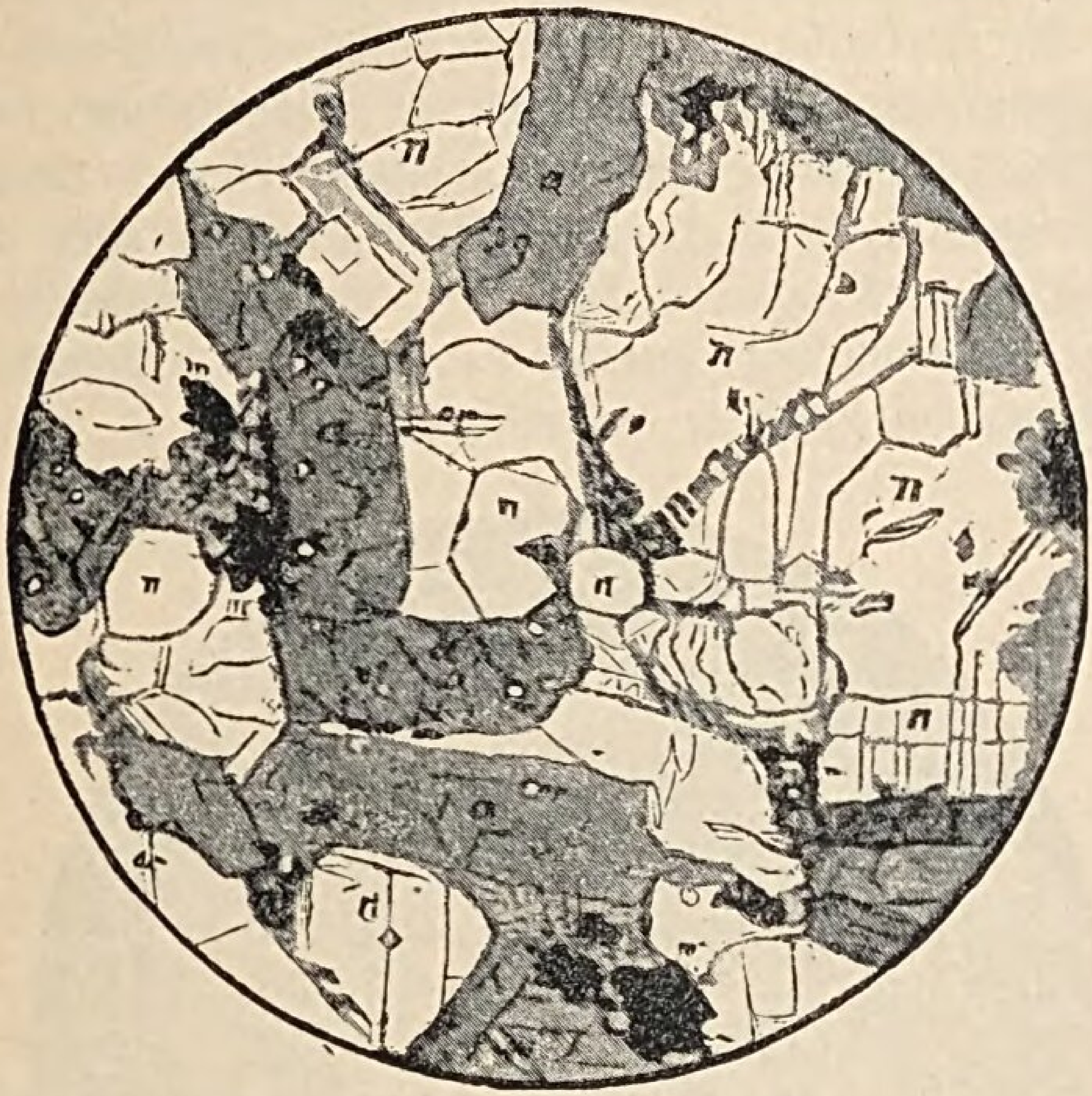
Unter dem Mikroskope charakterisieren sich die einzelnen Gemengteile in der bereits im allgemeinen Teile behandelten Weise. Schwierigkeiten kann nur die Erkennung des Nephelins bieten, wenn er nicht in deutlichen Krystallen vorkommt. In diesem Falle bedient man sich chemischer Reaktionen (Gelatinieren mit Salzsäure, Nachweis des Natrons durch Bildung von Kochsalzwürfeln u. dergl.). Der Augit zeichnet sich in größeren Individuen häufig durch seine rotbräunlichen Farben aus.

Die Struktur ist teils körnig (grobkörnig bis mikrokrystallin), teils porphyrartig und porphyrisch mit amorpher Basis. Im letzteren Falle sind es neben Nephelin, Augit und Olivin besonders die accessorischen Mineralien Hornblende und Glimmer, welche porphyrisch ausgeschieden sind; auch Mandelsteinbildungen kommen vor.

Chemische Zusammensetzung der Nephelinbasalte: Kieselsäure 45,5, — Thonerde 16,5, — Eisenoxyd und -oxydul 11,2, — Kalk 10,6, — Magnesia 4,3, — Kali 1,9, — Natron 5,4, — Wasser 2,7 %.

Vorkommen. In Kuppen, Gängen und Lavaströmen in Deutschland (Thüringerwald, Rhön, Baden, Sachsen), Böhmen.

a



b

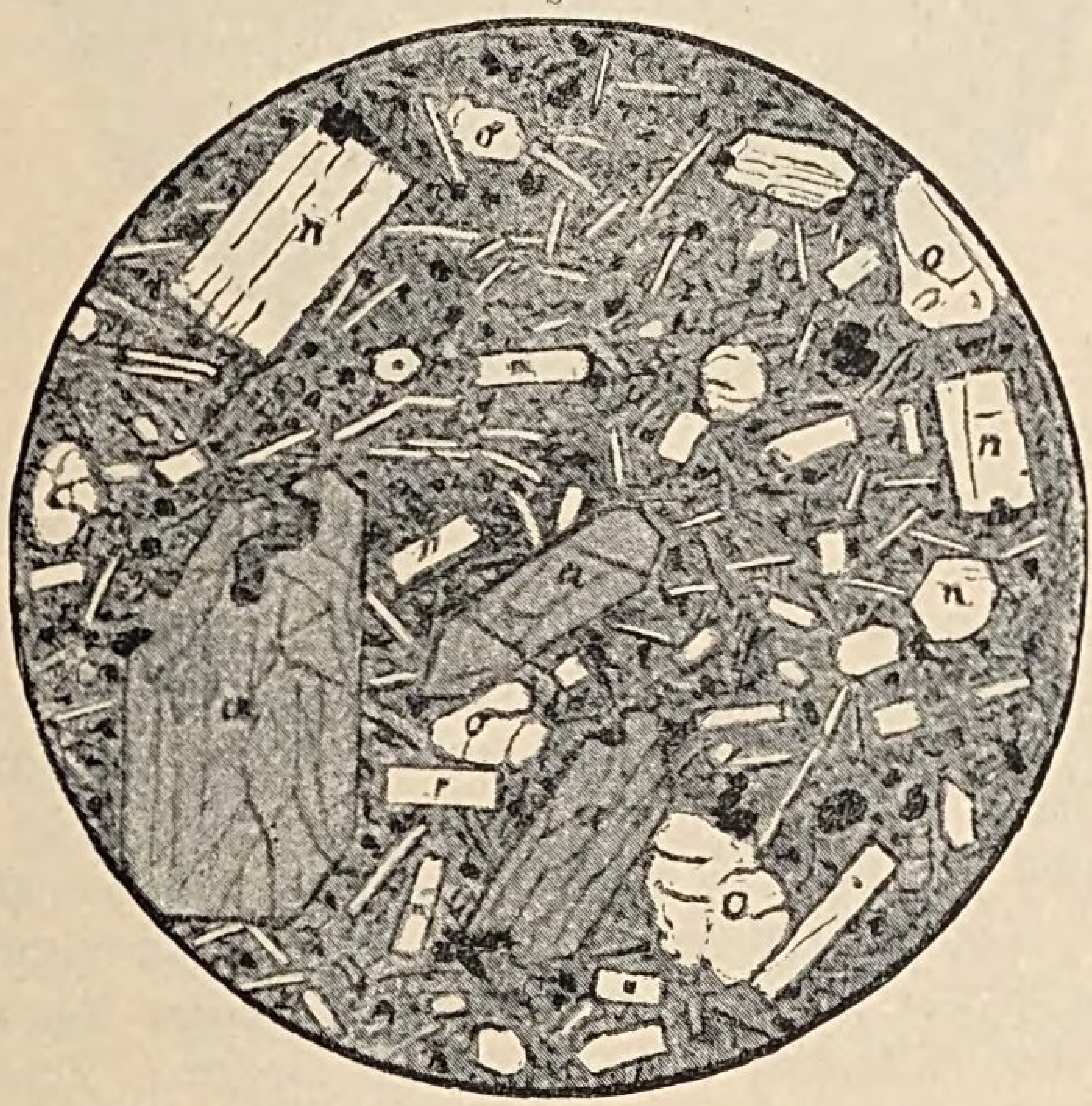


Fig. 66.

a Nephelinit, b Nephelinbasalt.

n Nephelin, a Augit, o Olivin, ap Apatit, m Magnetit und Titaneisen.

212. Leucitit und Leucitbasalt. Vergl. das mikroskopische Bild Fig. 67. Wesentliche Gemengteile sind Leucit und Augit; daneben Magnesiaglimmer oder Hornblende, Nephelin und in manchen hierhergehörigen Gesteinen auch Hauyn und Nosean. Untergeordnet kommen Magnetit und Apatit vor. Eine gewisse Gruppe führt auch Olivin und so werden denn auch hier die olivinfreien einfach als Leucitite, die olivinführenden als Leucitbasalte bezeichnet. Der Leucit erscheint dort, wo er makroskopisch kenntlich ist, in ringsum



Fig. 67. Leucitbasalt.
l Leucit, a Augit, pl Plagioklas, o Olivin, m Magnetit und Titaneisen.

ausgebildeten graulichweißen Krystallen, der Augit in schwarzen oder dunkelgrünen Säulen. Von den übrigen Gemengteilen tritt zuweilen Nephelin in weißen glänzenden Prismen und Nosean in verwitterten Körnern hervor.

Accessorisch sind Melilith, Glimmer, Granat und Titanit.

Unter dem Mikroskope zeigen die meist wohlentwickelten Leucitkrystalle jene im allgemeinen Teile behandelten Eigentümlichkeiten und sind besonders bei einigermaßen größeren Dimensionen leicht zu erkennen; nur bei sehr winzigen Kryställchen und Aggregaten solcher kann eine exakte Bestimmung schwierig werden. Die übrigen Bestandteile zeigen kaum bemerkenswerte Besonderheiten. In vielen

hierhergehörigen Gesteinen findet sich eine mehr oder weniger durch Körner und Trichite entglaste Basis.

Die Struktur der Leucitgesteine ist eine sehr wechselnde, teils porphyrartig, teils porphyrisch. Bei rein makroskopischer Betrachtung unterschied man zwischen Leucitbasalten, wenn das Gestein sich als eine schwarze, für das bloße Auge dichte Masse ohne größere Ausscheidungen zeigt, und Leucitporphyren (Leucitophyr, Leucitlava), wenn dieser Masse größere Ausscheidungen gegenüberstehen, ohne daß dabei auf das Vorhandensein oder Fehlen einer Glasbasis Rücksicht genommen wurde.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 48,9, — Thonerde 19,5, — Eisenoxyd und -oxydul 9,2, — Kalk 8,9, — Magnesia 1,9, — Kali 6,5, — Natron 4,4 %.

Vorkommen. Die Lagerungsverhältnisse sind dieselben wie bei den eigentlichen Basalten; die Verbreitung ist eine geringere. Man findet Leucitgesteine im Thüringerwald, Rhön, Erzgebirge und vorzüglich als Laven der jüngeren Vulkane Italiens (Albanergebirge) und in der Umgebung des Laachersees in der Eifel, oft als lose Blöcke und zwar hier häufig mit viel Hauyn (Hauynbasalte, Hauynophyre) und Melilith.

Durch ihren Gehalt an Plagioklas und Sanidin nähern sich die Laven des Vesuv den eigentlichen Basalten.

Melilithbasalt ist ein Gestein, das wesentlich aus Melilith, Olivin, Augit und Biotit besteht (Schwäbische Alb, Alnö in Schweden, daher auch „Alnöit" genannt).

Unter dem Namen **Peridotite** faßt man feldspatfreie, aus Olivin und pyroxenischen Mineralien (auch Hornblende und Glimmer) bestehende, körnige Gesteine zusammen. Hierher gehören: Pikrit, Wehrlit, Lherzolith, Dunit.

213. **Pikrit**, ein dunkelgrünes, krystallines, porphyrartig entwickeltes Gestein, bestehend aus der Kombination Olivin — Augit mit Enstatit, Magnetit, Hornblende und Biotit. Die Gemengteile sind selten frisch, in der Regel zu Serpentin und chloritischen Substanzen umgewandelt. Vortertiäre Gesteine, die mit den Tescheniten nahe verwandt sind und sich besonders in den schlesischen Karpaten finden.

214. **Wehrlit** (Eulysit), ein dunkelgrünes, wesentlich aus Olivin und Diallag bestehendes Gestein mit einem reichen Gehalt an Granaten (Ungarn, Schweden).

215. **Lherzolith** (Augitfels), grünlichgraues, körniges Gestein aus Olivin, Diallag und Enstatit mit Picotit bestehend; häufig in Serpentin umgewandelt. Gesteine der Mineralkombination. Olivin mit Enstatit und Bronzit allein heißen Harzburgite. Viele der sogenannten „Olivinbomben" (vgl. S. 165) im Basalte haben die gleiche Zusammensetzung wie der Lherzolith (Pyrenäen, Norwegen).

216. **Dunit**, ein körniges Gemenge von Olivin und Chromit, welches sich mit Serpentin verknüpft auf Neuseeland findet.

217. **Pyroxenit.** Mit diesem Namen bezeichnet man körnige, wesentlich aus Pyroxen (Augit) bestehende Massengesteine.

218. **Augitit** (Limburgit, Magmabasalt, Augithyalomelan, Ehrwaldit 2c.) sind lokal beschränkte jüngere Eruptivgesteine, welche in einer glasigen Basis Augit und Magneteisen, daneben auch schwarzen Glimmer, Olivin, Nephelin 2c. ausgeschieden zeigen.

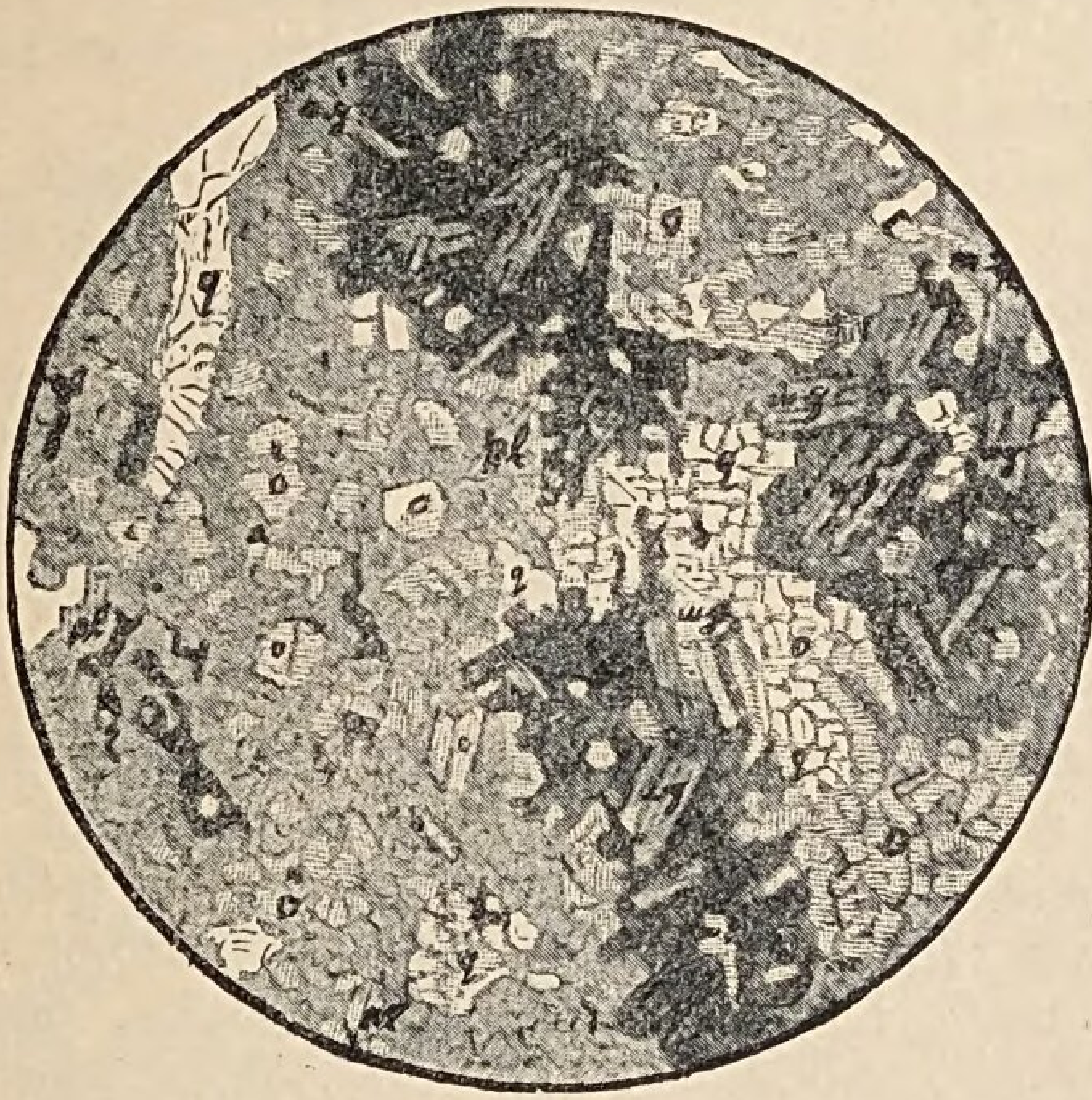
b) Schiefrige.

219. **Gneis.** Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 68. Die Granitgemengteile Orthoklas, Quarz und Glimmer setzen auch den Gneis zusammen, der sich also von jenem nur durch die Schieferstruktur unterscheidet, welche durch paralelle Lagerung der oft großen Glimmerlamellen und durch Streckung der Gemengteile nach einer Richtung hervorgebracht wird. Der Glimmer ist als dunkler Biotit oder heller Muskovit entwickelt. Man unterscheidet einglimmerige Gneise, in welchen heller (Muskovitgneis) oder dunkler (Biotitgneis) Glimmer weit vorherrscht und Zweiglimmergneise, in denen beide Glimmerarten gleichwertig vorkommen. Makro- und mikroskopische Eigenschaften der Gemengteile sind dieselben wie bei Granit.

Accessorisch beobachtet man zahlreiche Mineralien, so Granat, Turmalin, Epidot, Zirkon, Hornblende, Chlorit, Magnetit, Pyrit, Apatit, häufig auch Graphit. Dadurch, daß die Eisenerze gewisse Gneiszonen parallel oder quer zur Schieferung ganz vorzüglich imprägnieren, entstehen die sogenannten Fallbänder.

Ueber die Strukturverhältnisse ist zu dem im allgemeinen Teile über Schieferstruktur Angeführten wenig hinzuzufügen, und dieses findet sich unten bei der Aufzählung der Varietäten. — Die Gneise gehen einerseits durch Verlust der Schieferung in Granite

a



b

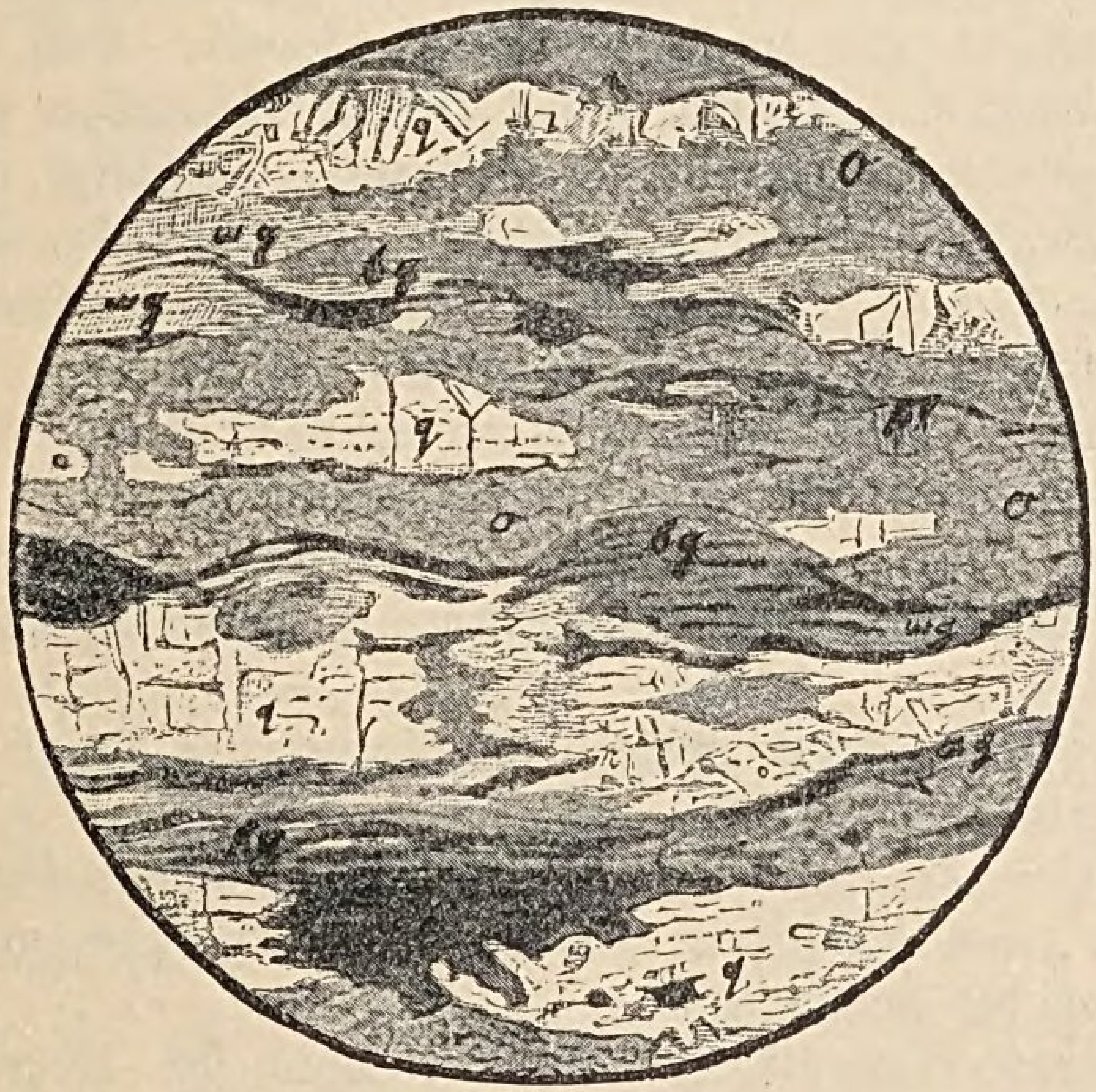


Fig. 68. Glimmergneis.
a im Parallelschnitt, b im Querschnitt.
o Orthoklas, pl Plagioklas, wg Muskovit, bg Biotit, q Quarz, m Magnetit.

(*Kontaktgneis*), anderseits durch Aufnahme und Verlust von Bestandteilen in andere krystalline Schiefer (Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer &c.) über.

Die *chemische Zusammensetzung* der Gneise, im allgemeinen der der Granite gleichend, schwankt selbstverständlich mit dem Vorwalten des einen oder anderen Gemengteils und zwar ziemlich bedeutend, so daß man die äußersten Glieder in kieselsäurearme (66 % Kieselsäure) mit weißem Feldspat und dunklem Glimmer (*graue Gneise*), und kieselsäurereiche (bis 76 % Kieselsäure) mit viel rotem Feldspat und weißem Glimmer (*rote Gneise*) unterschieden hat.

Vorkommen. Der Gneis hat wohl die ausgedehnteste Verbreitung unter allen normalen Gesteinen, welche er sämtlich unterteuft. Die Gneise wechsellagern mit anderen krystallinen Schiefern, mit Kalksteinen, Quarziten, Serpentin u. dergl., mit welchen sie die archäische oder Primitivformationsgruppe zusammensetzen. Gneisbildungen, welche jüngeren Formationen auflagern, kommen nur vereinzelt (Alpen, Schottland) vor. Die Gneise zeigen in der Regel deutliche, mit der Schieferung parallele Schichtung; außerdem findet man übrigens auch Gneise, welche mit Rücksicht auf ihre Lagerungsformen sehr an massige Gesteine innern. Von den zahlreichen Territorien, an welchen Gneis zu Tage tritt, mögen nur einige der bedeutendsten erwähnt werden: Böhmen, Erzgebirge, Sudeten, Zentralalpen, Skandinavien, Schottland, Nordamerika, Brasilien.

1. Von *Strukturvarietäten* sind folgende hervorzuheben:

Granitgneis, mit sehr undeutlicher Schieferung.

Schiefriger Gneis, mit durch parallele Lagen von meist zusammenhängenden Glimmerlamellen verursachter sehr deutlicher Schieferung.

Flaseriger Gneis zeigt die schon früher beschriebene Flaserstruktur.

Lagengneis, glimmerreiche und glimmerarme Zonen wechseln lagenförmig miteinander ab.

Kornubianit, ein dichter Gneis mit undeutlicher Schieferung, welche nur durch abwechselnd verschieden gefärbte Lagen zu erkennen ist; meist an der Granitgrenze.

Porphyrartiger Gneis entsteht, wenn sich größere, meist schön entwickelte Feldspatkrystalle von der übrigen Gesteinsmasse porphyrartig abheben. Haben die Feldspate rundliche Formen und werden sie von Glimmer umhüllt, so heißt die Varietät *Augengneis*.

2. Varietäten, hervorgerufen durch Vorwalten gewisser accessorischer Gemengteile:

Hornblendegneis (Syenitgneis), der Glimmer wird durch Hornblende verdrängt.

Augitgneis, augitführender Gneis.

Chloritgneis, in welchem an Stelle des Glimmers Chlorit getreten ist.

Eisenglimmergneis, mit Eisenglimmer an Stelle des Glimmers.

Graphitgneis, Graphit tritt an Stelle des Glimmers.

Cordieritgneis, an Stelle des Glimmers stellt sich teilweise Cordierit ein.

Protogingneis, mit viel grünem Talk neben dunklem Glimmer.

Sericitgneis im Taunus.

Andere Varietäten sind: — Adulargneis — Granatgneis — Magnetitgneis — Gigantgneis (Riesengneis, wegen der außerordentlichen Größe der Gemengteile) ꝛc. Alle diese Varietäten gehen sehr häufig durch Verlust der Schieferung in massige Gesteine über, welche von den entsprechenden Granitvarietäten (s. d.) nicht zu unterscheiden sind.

220. **Granulit** (Amausit, Weißstein) ist ein weißes, schiefriges Gestein, gebildet aus einem feinkörnigen Aggregat von Orthoklas (nicht selten Mikroperthit und auch Mikroklin) und Quarz mit kleinen roten Granaten.

Unter dem Mikroskope lassen sich noch als weitere Gemengteile erkennen braungelbe Mikrolithe, Cyanitkryställchen, etwas Zirkon, Titanit, Turmalin u. a. Zuweilen führt der Granulit auch Augit und Hornblende. Die kleineren Feldspate zeigen eine eigentümliche feine Faserung und enthalten mit den Quarzen Flüssigkeitseinschlüsse.

Die Schieferstruktur wird vorzüglich durch dünne Quarzlamellen hervorgebracht. Tritt Glimmer (Biotit) dazu, wobei dann gewöhnlich die Granate verschwinden, so nähert sich das Gestein den Gneisen (Gneisgranulit). Die Andalusitgranulite führen Andalusitaggregate.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 74,5, — Thonerde 10,7, — Eisenoxydul 5,6, — Kalk 2,2, — Kali 4,0, — Natron 2,5 %.

Vorkommen. Der Granulit ist ein deutlich geschichtetes Gestein, welches der Primitivformation angehört, wo er häufig mit Gneis

und Serpentin wechsellagert. Seine Hauptverbreitung hat er in Sachsen, wo er eine 6 Meilen lange, $2^1/_2$ Meilen breite Ellipse bildet (sächsisches Granulitgebirge); außerdem findet er sich in Böhmen, am Main, in Niederösterreich, in Norwegen ꝛc.

Unter „Trappgranulit“ (Diallaggranulit) versteht man einen feinkörnigen grünschwarzen Granulit, der neben den obengenannten Gemengteilen einen Plagioklas, Magnetit, Diallag und Hornblende enthält und mit den eigentlichen Granuliten in dünneren oder dickeren Platten wechsellagert.

Der sächsische Granulit wurde lange Zeit für ein eruptives Gestein gehalten und zum Granit gezählt; später neigte sich, mit Rücksicht auf seine ausgezeichnete Schieferung und Schichtung, die Mehrzahl der Forscher dazu, das Gestein zu den Gneisen zu zählen. In neuerer Zeit hat sich Rosenbusch vorzüglich wegen der prachtvollen Kontaktzone von metamorphen Schiefern, welche den Granulit Sachsens umgiebt, wieder entschieden für seine eruptive Natur erklärt.

221. **Hälleflinta** (Feldstein, Euritfels) gleicht vollständig dem unter den massigen Gesteinen aufgeführten Felsitfels. Das Gestein zeigt in abwechselnden Lagen verschiedene graue, gelbliche, bräunliche und grüne Farbentöne. Da es sehr häufig in Gneis übergeht, sieht man es als einen Gneis mit ungemein feinem Korn an. Skandinavien.

222. **Porphyroide** (Flaserporphyr). In einer felsitischen Grundmasse, welche durch parallel angeordnete Glimmerlamellen eine flaserige oder schiefrige Struktur erhält, liegen größere Körner oder Krystalle von Orthoklas oder Plagioklas und Quarz. Der Glimmer ist sehr häufig gelblich bis grünlich, talkähnlich (Sericit). Harz, Taunus, Nordamerika.

Derselbe Name wird auch für Phyllite und Gneisglimmerschiefer gebraucht, welche in der gewöhnlichen, schiefrigen Hauptmasse größere Feldspatkrystalle porphyrisch ausgeschieden zeigen.

223. **Glimmerschiefer** ist ein ausgezeichnet schiefriges Gestein, das aus einem Gemenge von Glimmer und Quarz in sehr wechselndem Verhältnis besteht (Glimmerschiefer fast ohne Quarz auf der einen und sogenannte Quarzitschiefer auf der anderen Seite). Der Glimmer ist teils heller Kali- (Muskovitschiefer), teils dunkler Magnesiaglimmer (Biotitschiefer) und kommt in einzelnen parallelliegenden Blättchen sowie in zusammenhängenden Lamellen, welche zuweilen auf den Spaltungsflächen eine sehr feine wellige Fältelung

zeigen (Faltenglimmerschiefer), zwischen den Quarzkörnern vor. Der Quarz bildet ebenfalls gewöhnlich linsenförmige oder parallelflächige Lagen, wodurch die Schieferung noch deutlicher wird; manchmal wechseln quarzreiche und glimmerreiche Lagen ab (Lagenglimmerschiefer).

Die Glimmerschiefer führen zahlreiche accessorische Gemengteile, welche durch Vorwalten eigene Varietäten hervorrufen. Besonders genannt mögen werden: Granat, als sehr konstanter accessorischer Gemengteil, Turmalin, Hornblende, Staurolith, Cyanit, Epidot, Talk, Chlorit, Graphit, Feldspat, Eisenglimmer, Magneteisen, Pyrit, Gold. Auf Klüften und in Hohlräumen enthalten die Glimmerschiefer zahlreiche Mineralien als Adular, Kalkspat, Zeolithe 2c.

Ihre Farbe, von der des Glimmers abhängig, ist gewöhnlich hell.

Die chemische Zusammensetzung ist, wie sich aus dem Gesagten erwarten läßt, eine sehr schwankende; der Kieselsäuregehalt kann zwischen 40 und 80 % betragen.

Vorkommen. Der Glimmerschiefer baut mit den Gneisen, in welche durch Aufnahme von Feldspat Uebergänge stattfinden, in ausgedehnten Schichtenreihen neben den anderen krystallinen Schiefern die mächtige azoische Formationsgruppe auf und hat die größte Verbreitung in den Alpen, Böhmen, Sudeten, Skandinavien, Nordamerika, Brasilien.

Varietäten: Gneisglimmerschiefer, enthält viel Feldspat und ist daher von den Gneisen schwer zu trennen. Quarzitschiefer, vorherrschend aus Quarz mit nur wenig parallelen Lagen von Glimmer bestehend.

Paragonitschiefer mit Natronglimmer von weißlicher und lichtgrünlicher oder gelblicher Färbung (Alpen).

Sericitglimmerschiefer, parallele Lagen von hornsteinähnlichem Quarz werden von Sericit- und Chloritschüppchen getrennt.

Kalkglimmerschiefer, er enthält neben den gewöhnlichen Bestandteilen körnigen Kalk in linsenförmigen Lagen.

Amphilogitschiefer, feinschuppiger, grünlichweißer, talkreicher Glimmerschiefer mit geringerem Kieselsäuregehalt (Zillerthal).

Andere Varietäten, wie Eisenglimmerschiefer, Graphitglimmerschiefer 2c., erklären sich durch ihren Namen hinreichend.

224. Phyllite. Vgl. das mikroskopische Bild Fig. 69 S. 176. (Thonglimmerschiefer, Urthonschiefer.) Die Phyllite sind dunkelgefärbte, graue bis grüne oder schwarzblaue, sehr vollkommen geschieferte Gesteine, welche aus durchaus mikroskopischen Partikelchen

von Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspat und anderen Mineralien bestehen, die selbst unter dem Mikroskope wegen ihrer Kleinheit und mannigfachen Verwachsung nicht immer deutlich zu erkennen und zu bestimmen sind. Die schön seidenglänzenden Spaltungsflächen zeigen häufig Parallelfältelung. Zur annähernden Feststellung des mineralogen Bestandes bedient man sich bei der Schwierigkeit der mikroskopischen Untersuchung der Löslichkeitsverhältnisse gegenüber verschiedenen Säuren; außerdem werden hierzu die Uebergänge in phaneromere Gesteine, welche nicht selten beobachtet werden können, benutzt.

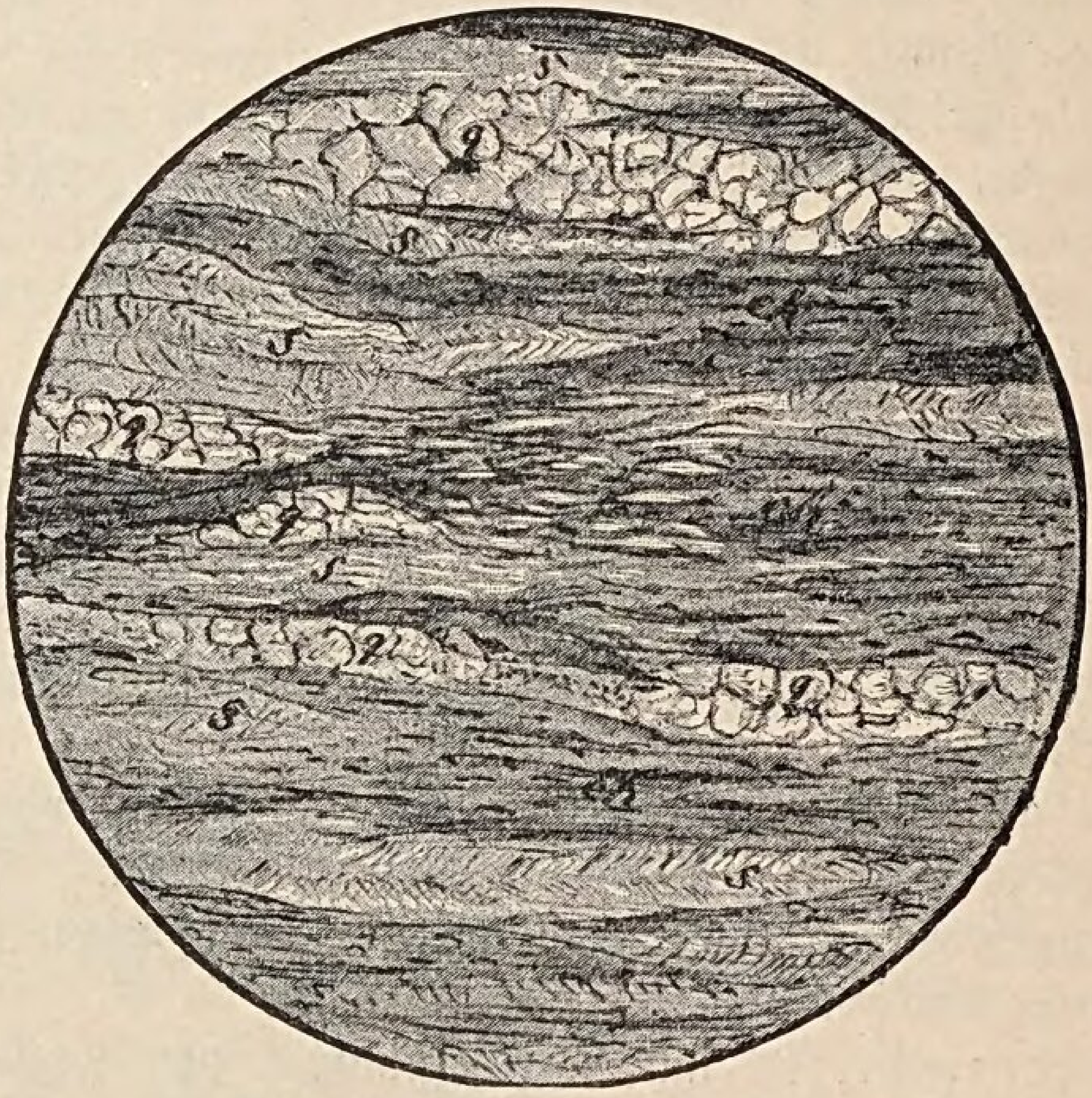


Fig. 69. **Phyllit. Querschnitt.**
q Quarzige Lagen, s Sericitische Glimmerlagen, ch Chloritische Lagen.

Die accessorischen Gemengteile sind hier fast eben so zahlreich wie bei den Glimmerschiefern und bedingen auch hier bei größerem Vorwalten eigene Varietäten.

Die chemische Zusammensetzung schwankt wie bei den Glimmerschiefern zwischen weiten Grenzen; der Kieselsäuregehalt kann zwischen 45 und 75 % betragen.

Kalkreiche Phyllite nennt man Kalkphyllit, denen gegenüber der vorwiegend Quarz, Glimmer und feldspatführende (oben beschriebene) Phyllit als Quarzphyllit bezeichnet wird. Gneisphyllite (auch Phyllitgneis) sind feldspatreiche Phyllite (Alpen).

Vorkommen. In ihrem Vorkommen und ihrer Verbreitung unterscheiden sie sich nicht wesentlich von den Glimmerschiefern.

Varietäten: Chiastolithschiefer, dunkel gefärbt mit Chiastolithsäulchen (Pyrenäen).

Staurolithschiefer, glimmerreich mit Staurolithkrystallen (Pyrenäen).

Ottrelithschiefer, grau mit grünen sechsseitigen Ottrelithblättchen (Bayern).

Graphitschiefer, ein an Graphit reicher Phyllit.

Die sogenannten Frucht-, Garben-, Knoten-, Fleckschiefer sind Kontaktbildungen der Schiefer und krystallinen Massengesteine und zeichnen sich durch eigentümliche, vorwaltend aus Glimmerblättchen und Eisenoxyd bestehende Konkretionen (vergl. S. 12) aus, welche je nach ihrer Form den Schiefern die obigen Namen gegeben haben. Man führt die Erscheinungen, welche eine gewisse Gesetzmäßigkeit in ihrem Auftreten gegenüber dem benachbarten Eruptivgestein zeigen, auf eine Wirkung dieses letzteren zurück (vergl. den dritten Teil).

Der Sericitschiefer ist eine phyllitähnliche Modifikation des Sericitglimmerschiefers, welcher als roter oder grüner Sericitschiefer vorzüglich im Taunus vorkommt, doch auch in den Alpen gefunden wird.

Der Itakolumit ist ein den besprochenen Schiefergesteinen sich eng anschließendes, hellgelbliches oder licht rötliches, schiefriges Gemenge von Quarz und Glimmer (oder Talk, Chlorit, Sericit). Dadurch, daß sich die Glimmerlamellen um die Quarzkörner legen und in parallel wellig gebogenen Lagen zwischen diesen sich durchziehen, erhält das Gestein eine gewisse Biegsamkeit, welche ihm den Namen „Gelenkquarz" eingetragen hat. — Andere Itakolumite zeigen diese Eigentümlichkeit nicht, sondern sind bröckelig oder konglomeratartig. Das Gestein führt Gold (Nordamerika, Brasilien) und Diamanten (Brasilien).

225. **Hornblendefels** (Amphibolit). Ist im wesentlichen ein körniges, oder schiefriges (Amphibolitschiefer) Aggregat von Hornblendeindividuen (oft Aktinolith, dann Aktinolithschiefer genannt), von meist dunkelgrüner bis schwarzer Farbe. Zur Hornblende gesellt sich meist in geringer Menge Quarz, Glimmer und Feldspat. Manche sind reich an Epidot, zuweilen findet man auch Glaukophan.

Er findet sich, jedoch nicht in größerer Ausdehnung, eingelagert zwischen Gneis und Glimmerschiefern. Savoyen, Tirol, Ungarn.

226. **Chloritschiefer.** Ist ein schiefriges, schuppiges Aggregat von Chloritblättchen, mit etwas Quarz und Feldspat gemengt. Seine Farbe ist lauchgrün.

Er ist sehr reich an accesf. Mineralien, wie Magnetit, Granat, Turmalin, Talk, Gold 2c.

Wechsellagert, wie der obige, mit Gneisen, Glimmerschiefern und Phylliten.

Alpen, Ural.

Chloritschiefer und andere meist durch Chlorit grün gefärbte Schiefergesteine pflegt man wohl unter dem Namen „Grünschiefer" („grüne Schiefer") zusammenzufassen.

Schiefer, welche entweder ausschließlich oder doch vorherrschend aus Chloritoid bestehen, nennt man Chloritoidschiefer (Canada, Alpen).

227. **Talkschiefer.** Ein schiefriges Gestein, bestehend wesentlich aus Talkschuppen, manchmal mit beigemengtem Quarz und Feldspat. Seine Farbe ist hellgelblich bis grünlich.

Von den zahlreichen accesf. Gemengteilen mögen erwähnt werden: Chlorit, Glimmer, Granat, Staurolith, Aktinolith.

Kommt mit den vorigen in den Alpen, im Fichtelgebirge und Ural (Listwänit) vor.

Topfstein (Giltstein) ist ein weiches, filziges, grünes Gestein, welches aus Talk und Chlorit besteht.

228. **Serpentin** (richtiger „Serpentinfels"). Ist ein dichtes, häufig massig aussehendes Gestein, wesentlich bestehend aus dem Minerale Serpentin in meist dunkelgrünen, seltener hellen anderen Farben, oft gefleckt und geflammt. Zur Unterscheidung von ähnlichen grünen oder schwarzen Gesteinen kann seine geringe Härte (es ist mit dem Messer leicht ritzbar) benützt werden.

Es enthält zahlreiche bei der Serpentinisierung entstandene Nebenprodukte wie Magnetit, Chromit, Picotit, Chlorit, Calcit, Granat 2c., sowie Reste der ursprünglich das Gestein zusammensetzenden Mineralien als Olivin, Hornblende, Augit, Bronzit, Hypersthen, Diallag 2c. Nimmt man auf seine wahrscheinliche Entstehung aus anderen meist massigen, aber auch schieferigen, gemengten Gesteinen Rücksicht, so dürfte der Serpentin hier wohl nicht als eigener Gesteinstypus aufgestellt werden.

Unter dem Mikroskope erkennt man neben dem gewöhnlich feinfaserig oder blätterig entwickelten Serpentinminerale (Chrysotil,

Antigorit) die Reste jener Mineralien, durch deren Zersetzung das Serpentinmineral entstanden ist. Am häufigsten ist das Muttermineral Olivin. Auf den dieses Mineral (s. d.) unregelmäßig durchsetzenden Spalten ist das Serpentinmineral ausgeschieden und bildet daher ein unregelmäßiges Maschennetz (Maschenserpentin), in dessen Zwischenräumen meist noch Reste des Olivins liegen. Aber auch aus den magnesiahaltigen Amphibol- und Pyroxenmineralien (Hornblende, Augit, Enstatit, Bronzit, Hypersthen, Diallag ꝛc.) geht Serpentin hervor. Infolge der regelmäßig sich kreuzenden Spaltung dieser Mineralien entsteht bei ihrer Serpentinisierung, welche den Spalten folgt, ein gitter- oder fensterartig sich durchkreuzendes Maschennetz aus Serpentinsubstanz (Gitterstruktur, Fensterstruktur). Auch hier findet man in den Maschen oft noch die Reste des Muttterminerals. Als Nebenprodukte der Umwandlung erscheint, oft sehr schön obige Strukturen andeutend, Magnetit, Chromit, Picotit ꝛc.; auch Chlorit, Talk und noch andere Mineralien treten in Begleitung des Serpentinminerals auf.

Der Serpentin kommt in Lagern und Stöcken sehr häufig in den Alpen, in Nordamerika und anderswo vor.

229. **Granatfels**, ein körniges Gemenge von Granat und Hornblende mit Magnetit (Sachsen).

230. **Eklogit**, ein körniges bis schiefriges Gemenge von grasgrünem Smaragdit oder lauchgrünem Omphacit (Omphacitfels) mit rotem Granat; damit verbunden erscheint Cyanit weißer Glimmer, Olivin, Hornblende und Magnetit (Fichtelgebirge, Saualpe in Steiermark).

III. Klastische Gesteine.

1. Vulkanogene klastische Gesteine.

231. **Reibungsbreccien** (Friktionsbreccien). Unter diesem Namen versteht man Gesteine, welche aus eckigen Bruchstücken älterer Gesteine bestehen, die durch ein Bindemittel von derselben Natur wie das Eruptivgestein, welches die Breccie geschaffen hat, verkittet sind. Sie finden sich meist an der Grenze eines Massengesteins gegen das durchbrochene hin und sind dadurch entstanden, daß die empordringenden Eruptivmassen das durchbrochene Gestein

zertrümmerten und dessen Bruchstücke wieder verkitteten (vgl. Fig. 70). Manchmal gehören die Bruchstücke demselben Eruptivgestein an, das sie verkittet, indem ältere bereits erhärtete Massen von jüngeren wieder zertrümmert wurden. Sonst können diese Breccien natürlich aus den verschiedensten Gesteinen zusammengesetzt sein.

Reibungsbreccien begleiten sehr häufig die Massengesteine, besonders die Granite, Syenite, Porphyre, Melaphyre u. a., und werden wohl auch nach den vorherrschenden eingeschlossenen Bruchstücken als *Granit-, Diabas-, Trachyt-, Basaltbreccien* u. dergl. bezeichnet.

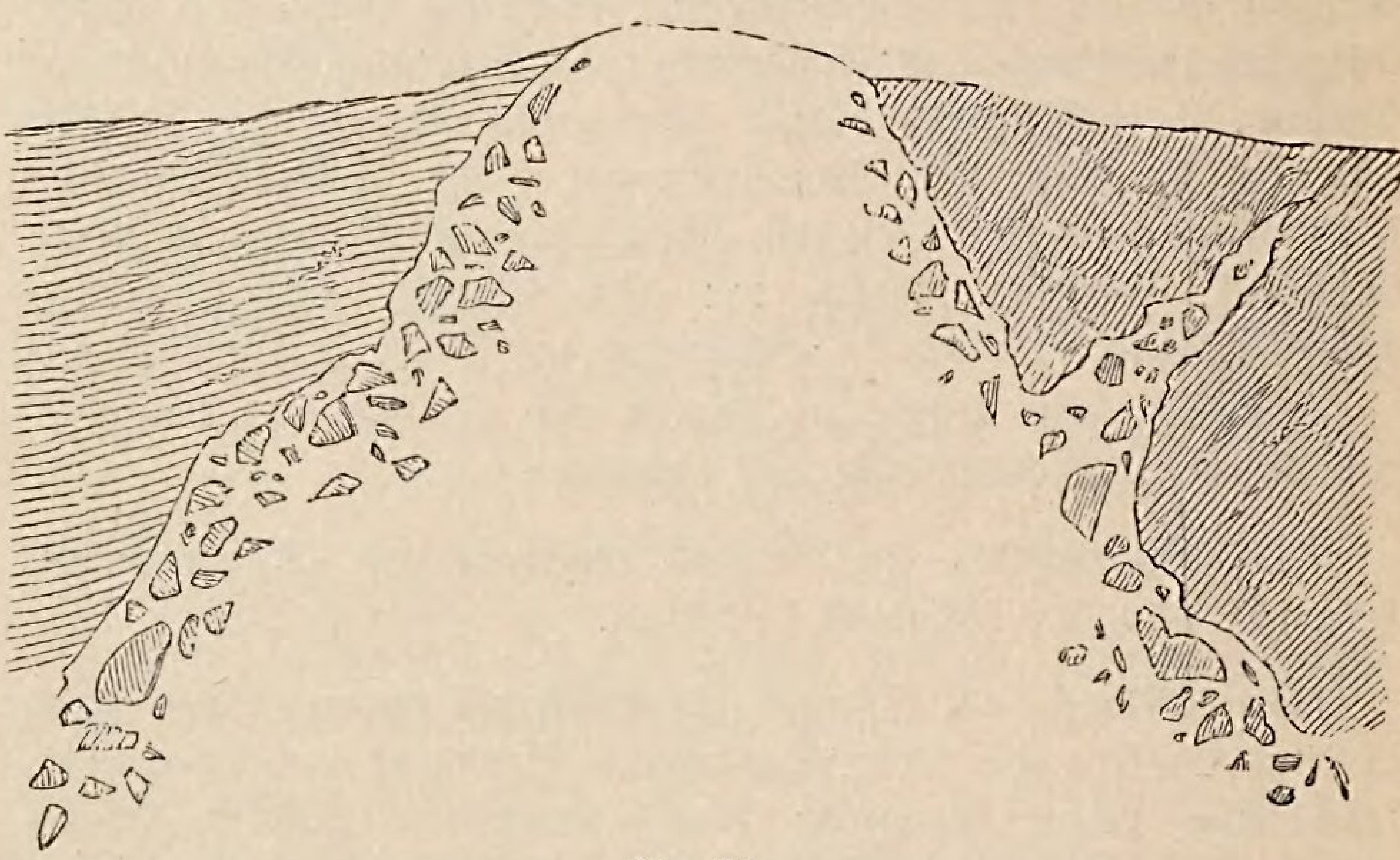


Fig. 70.

Nicht zu verwechseln mit diesen durch die Eruption eines Massengesteines gebildeten Breccien sind jene durch Zertrümmerung der Gesteine bei den Dislokationen der Schichten durch die sog. gebirgsbildenden Kräfte in Faltungs- und Bruchgebieten entstandenen Breccien, die man wohl auch mit dem Namen „*kataklastische Reibungsbreccien*" unterschieden hat.

232. **Tuffe.** Unter Tuffen versteht man erhärtete, oft wieder zersetzte und mannigfach umgewandelte vulkanische Schlammablagerungen oder durch Wasser zusammengeschwemmte und geschichtete, mehr oder weniger fein zerriebene Eruptivgesteine oder sog. vulkanische Aschen, Sande, Lapilli u. dergl. (vergl. unten S. 182), welche nach der Eruption auf Wasser niederfielen, dort untersanken

und so geschichtet wurden. Sehr häufig umschließen sie Petrefakten. Besonders Tuffe jüngerer Eruptivgesteine enthalten oft schön entwickelte Krystalle. Da auch die älteren Massengesteine ihre Tuffe haben wie die jüngeren, so läßt dies auf eine ähnliche Entstehungsart der ersteren schließen.

Besonders aufgeführt mögen werden:

Porphyrtuff, ein meist feinerdiger, verschieden gefärbter, oft gefleckter und geaderter Tuff, hervorgegangen aus zerkleinertem, oft schlammartig zerriebenem Porphyr-, Granit- und Felsitmaterial, manchmal mit Feldspat- und Quarzkrystallen, Glimmerblättchen und dergl. in guter Erhaltung; zuweilen mit Pflanzenversteinerungen. Manche Porphyrtuffe enthalten ein eigentümliches grünes, feinschuppiges Mineral, Pinitoid, das ein Zersetzungsprodukt des Feldspats ist (Chemnitz, Südtirol). In der Umgebung der Porphyre.

Diabastuff (Grünsteintuff). Feinerdiger, dunkelgefärbter grüner oder brauner Tuff, entstanden aus zerkleinertem Material von Dioriten, Diabasen und anderen ähnlichen Gesteinen; häufig schiefrig. Sie gehen durch Beimengung eigentlich sedimentärer Bildungen in sogen. Grauwackenschiefer über.

Mit dem Namen „Schalstein“ hat man Diabastuffe bezeichnet, welche mit viel kohlensaurem Kalk imprägniert sind und Thonschieferbruchstücke, Krystalle und Körner von Kalkspat und Plagioklas enthalten. Dadurch entstehen Formen, welche mit verschiedenen Namen, als: „Schalsteinbreccie“ und „-konglomerat“, „porphyrartiger“ und „mandelsteinartiger Schalstein“ ꝛc., belegt wurden. Auch schiefrige Abänderungen (Schalsteinschiefer, Chloropitschiefer) kommen vor. Sie sind ein Mittelglied zwischen Tuffen und echten Sedimentgesteinen.

Dichte, grüne Tuffe, welche in der Trias der Südalpen eingelagert vorkommen, hat man Pietra verde genannt.

Trachyttuff, ein Tuff von bald lockerer bald dichter Beschaffenheit und meist hellen Farben. Das Material haben jüngere Eruptivgesteine (Trachyte, Liparite, Andesite) geliefert. Sie enthalten oft größere Bruchstücke dieser Gesteine und zuweilen wohlausgebildete Krystalle von Sanidin, Hornblende, Biotit ꝛc.

Hierher gehört auch der Phonolithtuff, ein mürber Tuff aus Phonolithmaterial; der Bimssteintuff, aus zerriebenem Bimsstein mit eingeschlossenen größeren Brocken (wodurch Uebergänge zur Bimssteinbreccie entstehen) bestehend; der Traß (Duckstein, Tuffstein), eine Art Bimssteintuff mit eingeschlossenen

Thonschiefer- und Basaltbrocken, Krystallen verschiedener Mineralien und Kalk; endlich der Alaunstein, ein Trachyttuff mit viel Alunit 2c.

Basalttuff, ein dunkelgefärbter Tuff mit größeren Basaltbrocken und Krystallen von Olivin, Glimmer, Augit Amphibol und Kalkspatnestern.

Peperin heißt ein Basalttuff mit so zahlreichen Krystallen von Glimmer, Augit und Leucit, daß es den Eindruck eines ursprünglichen Gesteins macht. In mächtigen Schichten im Albanergebirge.

Palagonittuff ist ein Basalttuff mit reichlichen Palagoniteinschlüssen. Palagonit ist ein harz-(kolophonium-)ähnliches amorphes Mineral mit zahlreichen Einschlüssen von Plagioklas, Augit, Olivin und anderen Mikrolithen. Oft besteht das Gestein fast ausschließlich aus Palagonitkörnern und wird dann Palagonitfels genannt. — Hierhergehörige Tuffe mit größeren, weißen, verwitterten Leuciten werden Leucittuffe genannt.

233. **Lose vulkanische Auswürflinge.** (Athrogene Gesteine). Darunter sind jene losen Schuttmassen verstanden, welche überall in vulkanischen Gegenden, besonders aber in der Umgebung noch thätiger Vulkane getroffen und je nach ihrer Größe unter folgenden Namen bekannt sind.

Vulkanische Blöcke, kopfgroße und größere vulkanische Auswürflinge, welche im Inneren krystalline, an der Oberfläche schlackige Struktur zeigen.

Vulkanische Bomben, rundliche oder keulenförmige Auswürflinge von Faust- bis Kopfgröße. Ihre Gestalt haben sie durch Rotation der noch weichen Auswurfsmasse erhalten. Platten sie sich beim Auffallen scheibenförmig ab, so entstehen die sog. „Schlackenkuchen“.

Lapilli (Rapilli) sind ähnliche, aber kleinere, dunkel gefärbte schlackige und poröse Bildungen.

Bis erbsengroße Lavabruchstücke untermengt mit zahlreichen Krystallbruchstücken von Augit, Olivin, Feldspat 2c. werden „Puzzolan“ genannt. Sie wird zu hydraulischem Mörtel verwendet.

Vulkanischer Sand und vulkanische Asche. Unter diesen Namen versteht man hirsekorngroße bis staubfeine, meist dunkel gefärbte vulkanische Eruptivprodukte, welche unter dem Mikroskope die mannigfaltigsten Bildungen zeigen. Teils sind es Krystallfragmente jener Mineralien, welche die vulkanischen Laven zusammensetzen, teils

Mikrolithe und Gruppen von solchen, häufig mit anhängenden Glastropfen, teils Glassplitterchen, Scherben u. dergl. Sie bilden oft mächtige Ablagerungen in geringerer und größerer Entfernung von Vulkanen und wurden oft unter Mitwirkung von Wasser zu Tuffen verkittet.

2. Feste Zusammenschwemmungsgebilde.

a) Psephite.

234. Konglomerate. Hier sind abgerundete Bruchstücke älterer Gesteine durch ein bald sehr vorwaltendes, bald kaum bemerkliches Bindemittel verkittet (vergl. Fig. 71). Das letztere kann entweder ein einfaches Mineral (kalkiges, kieseliges Bindemittel) sein, oder

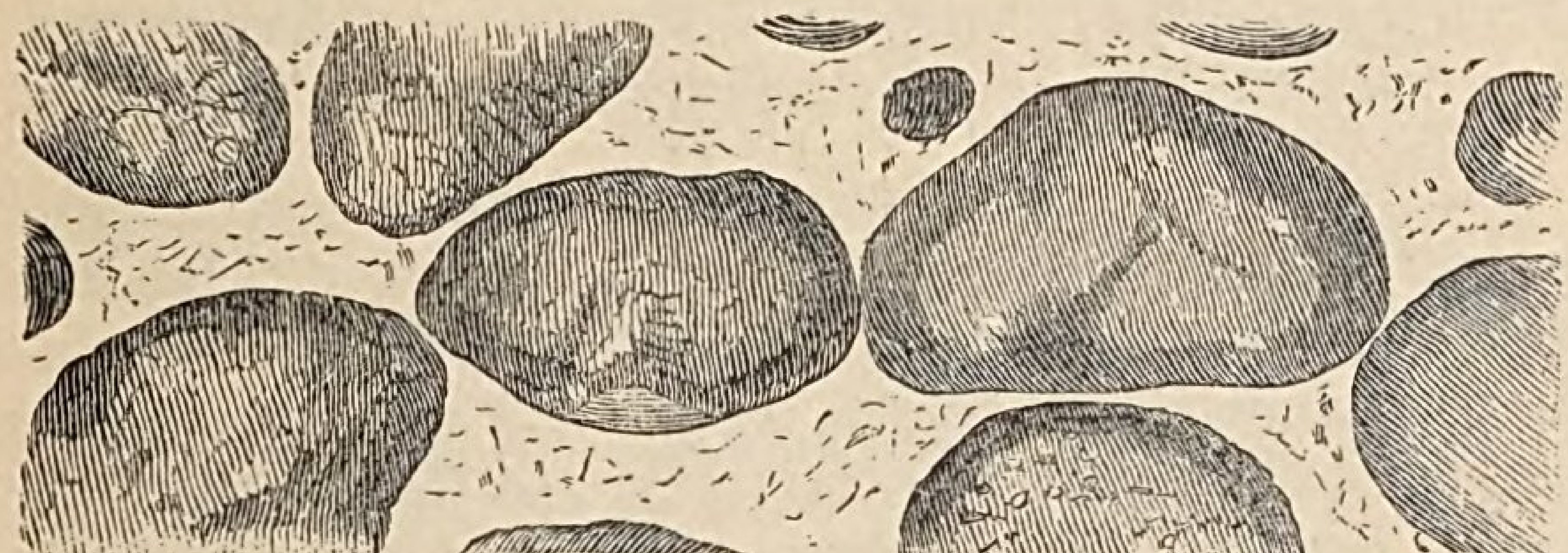


Fig. 71.

selbst aus feinem Gesteinsschlamm bestehen. Die verkitteten Rollstücke können den verschiedensten Gesteinen angehören; dabei stammen dieselben in einem Gesteinskomplex entweder nur von einem (monogene Konglomerate) oder von mehreren (polygene Konglomerate) ursprünglichen oder selbst schon deuterogenen Gesteinen her. Dieser Umstand, sowie auch die größere oder geringere Festigkeit der Verbindung bieten Anhaltspunkte zu Unterscheidungen. Nach der petrographischen Beschaffenheit der Rollstücke unterscheidet man folgende sich selbst erklärende Konglomerate: Quarz-, Feuerstein- (Puddingstein), Kalkstein- (oft mit schönen Eindrücken, vergl. S. 97), Granit-, Porphyr-, Syenit-, Diorit-, Diabas-, Trachyt-, Bimsstein-, Basalt-Konglomerat u. v. a.; dazu die Konglomerate der verschiedenen Schiefer.

Anagenit ist ein Konglomerat mit glimmerschieferartigem Zement.

Unter *Grauwacke* versteht man ein meist dunkelgefärbtes Konglomerat von Quarz, Kieselschiefer, Thonschiefer, Feldspatkörnern und Glimmerblättchen, verbunden durch ein sehr festes kieselig-thoniges Bindemittel. Bei schieferiger Struktur hat man die sog. *Grauwackenschiefer*. Die Grauwacken gehören vorzüglich dem Silur und Devon und der unteren Kohlenformation an.

In Skandinavien nennt man grauwackenähnliche Gesteine *Sparagmit*.

Die *Nagelflue* ist ein Konglomerat von Kalkstein und Sandstein mit Grauwacken, Quarz, Kieselschiefer, Granit, Gneis, Serpentin, Gabbro ꝛc. verbunden durch ein hell gefärbtes, kalkig-thoniges, spärliches Zement. Der Name rührt von den an der Gesteinsoberfläche vorragenden, an Nagelköpfe erinnernden festeren Geschieben her. Tertiär-(Molasse-)Gestein der Schweiz; auch im Diluvium.

Im Flysch (ein Glied der Kreide und Tertiärformation der Alpen) kommen Konglomerate aus sehr großen Gesteinsblöcken bestehend vor, sog. *Riesenkonglomerate*.

235. **Breccien.** Der Unterschied zwischen Konglomeraten und Breccien ist bereits an einer anderen Stelle hervorgehoben worden. Wie bei den Konglomeraten abgerundete Rollstücke, so sind es hier eckige Fragmente älterer Gesteine, welche durch ein eben so verschieden gestaltetes Bindemittel*) wie dort verbunden sind (vergl. Fig. 72). Uebergänge zwischen beiden entstehen, wenn sich neben eckigen auch abgerundete Geschiebe in der Gesteinsmasse finden. Gesichtspunkte für die Einteilung bieten auch hier, wie dort, teils das Bindemittel, teils die Geschiebe, welche auch hier von den verschiedensten ursprünglichen oder klastischen Gesteinen (z. B. Sandsteinen) herrühren können, wodurch dieselbe Mannigfaltigkeit der Bezeichnung für diese Gesteine entsteht. Breccien können durch Verkittung der Bruchstücke aus verschiedenen Ablagerungen entstehen; am häufigsten bilden sie sich aus sog. trockenen Schuttkegeln im Gebirge. In der Nachbarschaft eruptiver Durchbruchsgesteine findet man, wie erwähnt, die „*Reibungsbreccien*". In älteren Formationen kommen nicht selten Kalke und Dolomite in Breccien aufgelöst vor (z. B. Breccienmarmore, Broccatello). Es sind dies durch die Zertrümmerung der Gesteine bei den gebirgsbildenden Prozessen entstandene sog. *kataklastische Breccien*. Als besondere Formen mögen noch etwa folgende hervorgehoben werden.

*) Der Unterschied zwischen diesen und den Reibungsbreccien liegt, wie aus ihrer Entstehung hervorgeht, wesentlich im Bindemittel.

Das Haselgebirge, eine Breccie, welche aus durch Thon verkitteten Fragmenten von Steinsalz und damit verknüpften Gesteinen, als Gips u. dergl., besteht und häufig in Begleitung der Steinsalzlager vorkommt (Alpen).

Knochenbreccien sind eigentümliche, aus Knochen und Zähnen von Wirbeltieren, Konchilienschalen und Kalksteinfragmenten zusammengesetzte, durch gelbes oder braunes thonigsandiges, oder kalkigsandiges

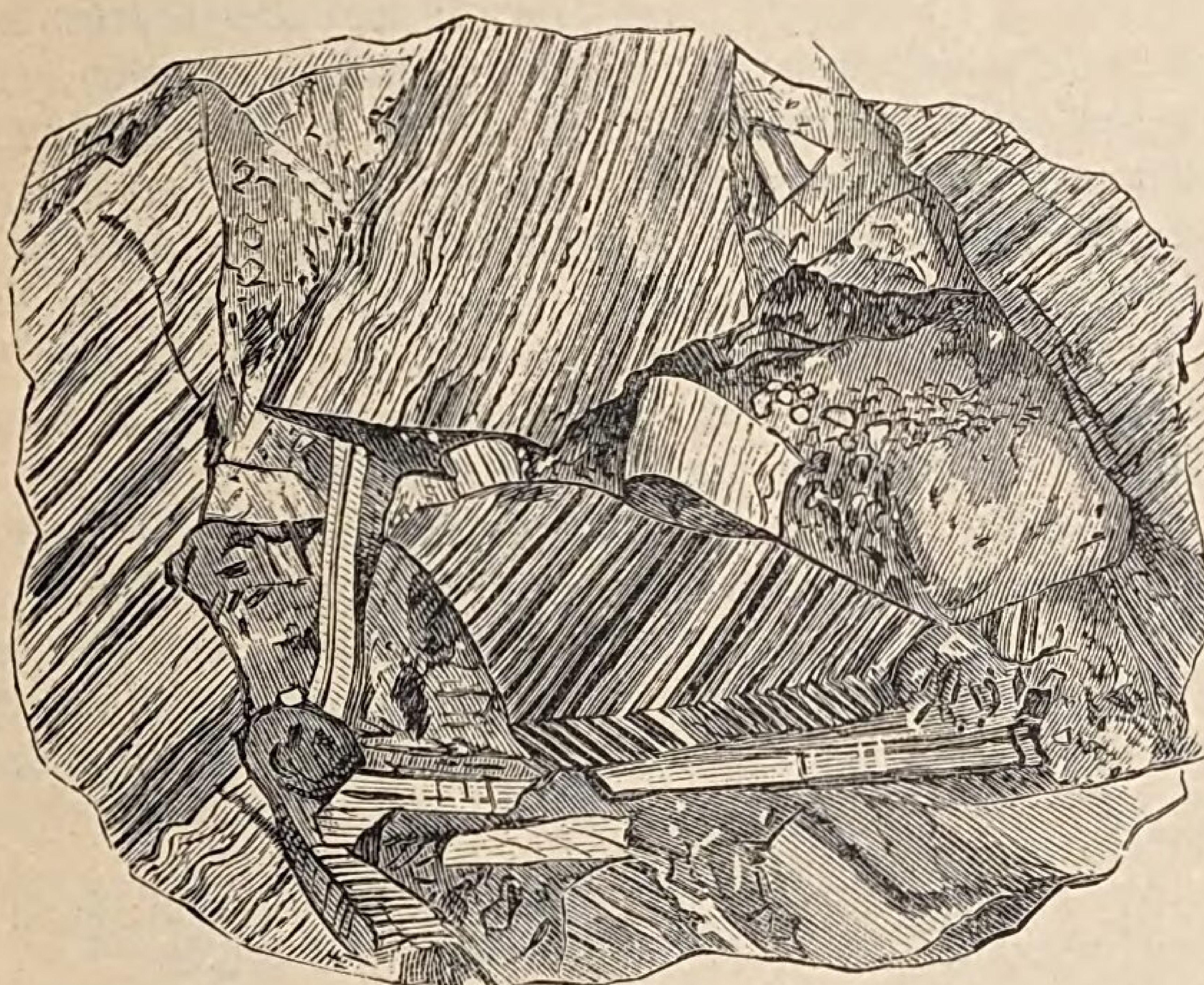


Fig. 72.

Bindemittel verbundene Gesteinsmassen, welche sich in Spalten von Kalkgebirgen, vorzüglich an der Mittelländischen Küste, aber auch im Innern der Kontinente finden.

Das Bonebed ist eine ähnliche, aus Fisch- und Reptilienresten und Koprolithen bestehende Breccie, welche als dünne Schicht zwischen Keuper und Lias an verschiedenen Orten, besonders aber in England und Südwestdeutschland, auftritt.

b) Psammite.

236. Sandsteine. Die Sandsteine unterscheiden sich von Breccien und Konglomeraten nur durch die geringe Größe der verkitteten Bruchstücke, hier Körner genannt, welche kaum die Größe einer

kleinen Erbse erreichen dürfen. Unterhalb dieser Grenze findet sich die verschiedenste Korngröße. Die Körner gehören vorwiegend dem Quarze an, so daß andere Beimengungen nur als accessorische Bestandteile aufgefaßt werden. Als solche sind zu nennen Glimmer, Feldspat, Glaukonit, daneben in eigentümlichen Konkretionen Blei- und Kupfererze. Die Körner sind durch ein kieseliges, kalkiges oder thoniges, oft sehr zurücktretendes Bindemittel zementiert. Die Schwankungen dieses letzteren veranlassen Uebergänge in andere Gesteine, so in eigentliche Thone, Kalke, Mergel oder in losen Sand. Die Farbe der Sandsteine ist verschieden: weißlich, gelblich, rötlich (wenn das Zement Eisenoxyd enthält), braun, grün (von Glaukonit), dunkelgrau bis schwarz (wenn im Zement Bitumen vorhanden ist).

Die Namen der verschiedenen Sandsteine werden entweder von den Formationen, in welchen sie sich finden, hergenommen (so „Old red sandstone“), oder nach dem Vorkommen („Vogesensandstein“), oder auch nach dem Bindemittel und den vorwaltenden accessorischen Gemengteilen gewählt. So unterscheidet man kieselige, kalkige, mergelige, thonige, eisenschüssige, bituminöse Sandsteine, ferner Glimmer- und Grünsandsteine (Glaukonitsandsteine).

Ueber die sogenannten krystallisierten Sandsteine vgl. S. 119.

Arkose (Feldspatpsammit) ist ein Sandstein, der viel Feldspat und Glimmer neben Quarz enthält. Er ist wahrscheinlich aus Granit- und Gneisschutt entstanden. In verschiedenen Formationen.

Macigno (Alberese, Tassello) nennt man in Italien einen grünlichgrauen thonigkalkigen Sandstein (Flysch).

Verrucano ist ein meist roter, quarzreicher Sandstein (Dyas der Alpen). In der Schweiz nennt man das Gestein Sernifit. Unter dem Namen Verrucano werden auch Konglomerate, Talkquarzite und ähnliche Gesteine verstanden, welche in den Alpen über krystallinen Schiefern oder sicheren paläozoischen Gesteinen und unter der Trias auftreten.

Die Sandsteine gehören den verschiedensten geologischen Formationen an und nehmen neben den Kalksteinen und Mergeln einen hervorragenden Anteil an der Zusammensetzung der Erdveste; sie sind deutlich geschichtet und zeichnen sich manchmal durch schöne quaderförmige Absonderung aus.

c) Pelite.

237. **Thonschiefer** (Argillite). Die Thonschiefer sind ausgezeichnet schiefrige (oft Transversalschieferung zeigende), harte, meist dunkel, grau, schwarz, seltener grünlich, gelblich oder rötlich gefärbte

Gesteine mit mattem Bruch. Die dunkle Farbe verursacht beigemengte, verkohlte, organische Substanz, die rote rührt von Eisenoxyd her, mit welchem manche Thonschiefer total imprägniert sind. Für das unbewaffnete Auge erscheint das Gestein dicht, ohne Spur einer krystallinen Struktur; unter dem Mikroskope beobachtet man vorherrschend feinst zerriebenen Sand älterer Gesteine, ohne seine Zugehörigkeit bestimmen zu können, daneben aber auch deutliche krystalline Elemente in Form von winzigen braunen Nädelchen (Thonschiefernädelchen), die früher als Hornblende und Augit gedeutet, später auch für Staurolith gehalten wurden. Gegenwärtig scheint es nahezu als erwiesen, daß sie als Rutil anzusehen sind. Sie erscheinen oft wunderlich gebogen, gespalten und in Gruppen geordnet und liegen gewöhnlich parallel den Schieferungsflächen. Ferner findet man Schüppchen von Glimmer und Eisenglanz, dann Magnetit, Kalkspat und Quarzkörnchen meist ohne deutliche Umgrenzung.

Accessorisch finden sich Quarz und Kalkspat in Trümern und Nestern, Pyrit und organische Reste.

Die Thonschiefer bilden mächtige Schichten der Silur- und Devonformation (seltener in der karbonischen oder in jüngeren Formationen); sie gehen öfters in krystalline Phyllite über. Sie finden sich überall, wo die genannten Formationen entwickelt sind.

Teils nach Struktur, teils nach hervortretenden accessorischen Gemengteilen unterscheidet man folgende Varietäten:

Dach- und Tafelschiefer, sehr reine, grüne, graue, violette bis vollkommen schwarze Varietäten, welche sich in dünne Tafeln spalten lassen und daher zu Schreibtafeln und als Dachbedeckung häufig verwendet werden.

Griffelschiefer. Durch Verbindung der Transversalschieferung mit der ursprünglichen entstehen stengelige Absonderungsformen (Griffel), welche zum Schreiben auf den oben genannten Tafeln dienen.

Wetzschiefer, graue, sehr feste, kieselreiche Schiefer.

Zeichnenschiefer, weich, kohlenstoffreich.

Alaunschiefer, dunkle Schiefer mit viel Kohlenstoff, welcher als Anthracit in bunt angelaufenen Häufchen und Schüppchen in den Spalten des Gesteins sich findet. Durch Zersetzung entstehen dann, da die Schiefer meist viel Pyrit enthalten, Eisenvitriol und Alaune.

Killas werden gewisse Thonschiefer von Cornwall genannt.

238. **Schieferthon.** Der Schieferthon unterscheidet sich von dem vorigen Gesteine, mit welchem er die äußere Erscheinung, ausgezeichnete Schieferung und die Farben gemein hat, durch seine geringe Härte, sein mildes und weiches Anfühlen und sein viel geringeres geologisches Alter. Die Schieferthone sind erhärtete Thone und Letten (daher Schieferletten, wenn sie bunte Farben zeigen) und weisen bei der mikroskopischen Untersuchung neben den staubartigen, thonigen Fragmenten älterer Gesteine ähnlich den Thonschiefern krystalline Elemente in Form von Nädelchen, Glimmer- und Eisenglanzplättchen, Quarzkörnchen und dergl. auf. Kalk ist auch hier ein konstanter Bestandteil; accessorisch findet sich viel Pyrit.

Schwarze bitumenreiche Schieferthone heißen Brandschiefer.

Sie sind, wie die Thonschiefer, wohlgeschichtete Gesteine, welche mit allerlei sedimentären Bildungen wechsellagern und bis in die Tertiärzeit herauf angetroffen werden.

Anhang: Limmatische Gesteine.

239. **Kaolin.** Der Kaolin zeigt eine weiße oder auch gelbliche, rötliche, zerreibliche und meist abfärbende, scheinbar amorphe Masse, welche sich unter dem Mikroskope als aus staubartigen, erdigen Teilen neben krystallinen, perlmutterglänzenden Schüppchen zusammengesetzt erweist; beigemengt sind meist etwas Glimmer und Quarzkörner. Trocken fühlt er sich mager an, befeuchtet wird er plastisch (bildsam).

Kaolin geht aus der Zersetzung feldspatführender Gesteine, z. B. der Granite, Porphyre, Gneise 2c. hervor und findet sich daher meist in Gesellschaft mit diesen in untergeordneten Lagern. Er ist ein wasserhaltiges Thonerdesilikat und wird auch als Mineral aufgeführt.

240. **Thon, Lehm, Löß.** Thon ist im wesentlichen dasselbe wie Kaolin, jedoch durch allerlei Beimengungen stark verunreinigt. Trocken ist er erdig, zerreiblich, an der Zunge klebend, befeuchtet sehr bildsam. Seine Farbe ist verschieden, weiß, gelblich, braun, grünlich, blau, grau 2c.; dieselbe wird durch beigemengte verschiedene Oxydationsstufen des Eisens und anderer Stoffe hervorgerufen. Als Verunreinigungen treten allerlei Karbonate (von Kalk, Magnesia, Eisen) auf. Accessorisch findet man Pyrit und Gips, Hornstein, Schiefer u. a. neben organischen Resten.

Als besondere Varietäten sind zu nennen der Töpferthon (besonders reine Varietät), — bituminöser Thon, — Salzthon (mit Kochsalz imprägniert), — Alaunthon (ein mit Eisenkies und Bitumen imprägnierter, erdiger Thon). — Septarienthon (zeigt die S. 12 genannten Konkretionen) — Walkererde, ein Thon, der beim Befeuchten nicht plastisch wird, sondern zerbröckelt, dagegen sehr begierig Fett aufsaugt (daher seine Verwendung). — Gelberde, ein mit Eisenoxydhydrat gelbgefärbter Thon (Farbstoff).

Lehm ist ein durch Quarzsand, Glimmerblättchen und Eisenoxyd verunreinigter Thon. Der Lehm ist oft wohlgeschichtet und wechselt häufig mit Sandlagen. Aus der Diluvialzeit stammen ausgedehnte meist ungeschichtete Lehmlager mit eingestreuten, häufig glatt gescheuerten (polierten) und mit Ritzen versehenen Geschieben (Blocklehm), vgl. S. 98. Diese Lehme sind Grundmoränen diluvialer Gletscher.

Löß ist ein durch Quarzsand und Kalkkarbonat sehr verunreinigter Thon, welcher Kalkkonkretionen (Lößkindel, vergl. S. 12) und zahlreiche organische Reste (Schnecken, Säugetierreste und dergl.) enthält. Er ist nicht geschichtet, überzieht mantelförmig die Unterlage und ist zumeist eine äolische, d. h. durch Luftströmungen zusammengetragene Ablagerung.

Die Thone und die verwandten Bildungen überdecken die Oberfläche oft in weiter Ausdehnung.

Porzellan- und Basaltjaspis (Systyl) werden durch Kohlenbrände oder durch Eruptivgesteine gebrannte Thone genannt. Sie sind ziemlich hart, zeigen mannigfache Farben, Streifung und Flammung und besitzen matten oder fettglänzenden, muscheligen Bruch.

Tschernosem (Schwarzerde) ist eine große Flächen des europäischen Rußlands bedeckende dunkle Erde mit viel organischen Substanzen und Diatomeenresten.

3. Lose Haufwerke.

241. Gerölle und **Geschiebe** sind lose Anhäufungen von teils abgerundeten, teils eckigen Bruchstücken verwitterter Gesteine, welche entweder durch das Wasser oder durch Gletscher oft viele Meilen weit von ihrer ursprünglichen Entstehungsstelle geführt worden sind. Besonders die durch Gletscher fortgeführten Gesteinsbrocken werden Geschiebe, und wenn sie eine gewisse Größe erreichen und fern von ihrer Heimat zerstreut liegen, erratische Blöcke genannt. Eigentümliche Erscheinungen sind die hohlen Gerölle, d. h. Rollstücke, welche im Innern durch Auswitterung hohl geworden sind. Ent-

halten sie noch einen festen Kern, der beim Schütteln an die Wandung stößt, so nennt man solche Gebilde „Klappersteine". (Vgl. S. 12.) Ebenso auffallend sind die sogenannten „Kantergerölle", „Dreikanter" ꝛc. Es sind dies Gerölle, bes. häufig im diluvialen Sande der norddeutschen Ebene, welche auf einer Seite die gewöhnliche gerundete Form, auf der andern eine Zuschärfung zu einer oder mehreren stumpfen Kanten zeigen. Wahrscheinlich sind sie durch vom Sturme bewegten Flugsand auf diese Form gebracht worden. Interessant sind auch die Geschiebe mit Eindrücken. Sie kommen meist in Konglomeraten vor und zeigen rundliche Eindrücke, in welche ein Teil des Nachbargerölles paßt. Wahrscheinlich dürften sie durch chemische Vorgänge (Einwirkung lösender Flüssigkeiten vorherrschend an der Berührungsstelle zweier Gerölle) entstanden sein. Sehr bekannt sind ferner die geritzten Geschiebe. (Vergl. die Abbildung S. 98). Sie liegen in den Grundmoränen (Blocklehm) der Gletscher, besitzen eine meist glatt polierte Oberfläche, die mit zahlreichen, in der Regel sich kreuzenden kurzen Ritzen versehen ist, und unterscheiden sich außerdem von Schuttgeschieben dadurch, daß ihre Kanten mäßig abgerundet sind. Andere Gerölle zeigen Ueberzüge von anderen Mineralien und Eisenoxyd (inkrustierte Gerölle). — Durch Verkittung dieser losen Haufwerke entstehen Breccien und Konglomerate.

Alle diese losen Haufwerke bilden die jüngsten Ablagerungen des Diluviums und Alluviums.

242. **Kies und Sand** sind ähnliche Ablagerungen loser Gesteinsbruchstücke, welche kaum Erbsengröße erreichen. Sie bestehen vorwaltend aus Körnern von Quarz, Feldspat, Kalkspat, Hornblende, Glimmer ꝛc. Nach der Körnergröße sind verschiedene Bezeichnungen üblich, wie Grobsand, Mehlsand, Staubsand u. dergl. Nach der Natur der vorwaltenden Bruchstücke hat man z. B. Magnetitsand, Zirkonsand (Columbien), Granatsand (Frankreich) u. s. w. Der Muschelsand enthält Konchilienschalen und -bruchstücke beigemengt, der Knochensand solche von Knochen verschiedener Säugetiere. Durch Verkittung gehen aus den losen Sanden die Sandsteine hervor.

Dritter Teil.

Geologische Petrographie.

---

243. Erklärung. Gesteine bilden das Baumaterial der Erdkruste; jedes räumlich einigermaßen ausgedehnte Gestein stellt dieser gegenüber gewissermaßen ein Individuum vor, welches sich zu ihr verhält wie ein Baustein zum Gebäude. So wie nun diese in verschiedener Weise aneinandergefügt werden, um je nach der Natur des Baues teils die Festigkeit, teils die Formenmannigfaltigkeit zu erhöhen, so zeigen auch die Gesteine eine bunte Abwechselung in der Neben- und Uebereinanderordnung, d. h. in ihrer Lagerung oder ihrer Architektur, von welcher der folgende Teil handeln soll. Da sich aber der menschliche Geist nirgends mit der bloßen Betrachtung des Gegebenen, des Wie? begnügt, sondern überall nach den Ursachen, nach dem Woher? oder dem Werden fragt, so ist mit der Lehre von den Lagerungsformen der Gesteine die von ihrer Entstehung oder ihrer Genesis verknüpft. Beide Teile gehören eben so wesentlich der Geologie wie der Petrographie an und bilden so ein inniges Band zwischen beiden Disziplinen.

I. Lagerungsformen der Gesteine.

244. Begriff. Wie bereits oben angedeutet, versteht man unter Lagerung eines Gesteins das durch die Art der Entstehung sowohl wie durch spätere mechanische Verschiebung hervorgerufene Neben- und Uebereinandersein der Gesteine. Da somit die Lagerungsform von der Art der Entstehung wesentlich abhängt, so ergiebt sich die Notwendigkeit einer diesbezüglichen Unterscheidung zwischen genetisch

verschiedenen Gesteinen, also zwischen Eruptiv- und Sedimentärgesteinen*). Es werden daher im folgenden zuerst die Lagerungsformen der Sedimentär- oder geschichteten Gesteine, dann die der eruptiven oder massigen Gesteine behandelt werden.

a) Geschichtete Gesteine.

245. Schichten. Zweifellose Sedimentärgesteine und die krystallinen Schiefer zeigen in der Regel deutliche Schichtung. Unter Schichtung eines Gesteins versteht man den Aufbau desselben aus parallel begrenzten Platten, die ihre Entstehung einem periodischen Absatz des Gesteinsmaterials verdanken. Eine jede solche Platte heißt eine Schicht. Ihre Begrenzungsflächen heißen Schichtflächen, und zwar jene gegen die jüngere Schicht Dachfläche (Epiklive), die andere Sohlfläche (Hypoklive). Der zwischen zwei Schichten liegende, durch Unterbrechung im Absatz des Gesteinsmaterials entstandene Zwischenraum wird Schichtungskluft genannt. Die Schichtungsflächen zeigen oft verschiedene Skulpturen, als: Wellenfurchen, Tierfährten, Eindrücke von Regentropfen u. dergl., von welchen die darüberliegende Schicht negative Abdrücke liefert. Hatte die untere Schicht beim Austrocknen vor Ablagerung der folgenden Risse erhalten, so werden diese durch die nächste Ablagerung ausgefüllt, woher es kommt, daß manche Schichten an ihrer Unterseite leistenförmige Vorsprünge zeigen. Die manchmal vorkommende fremde Ausfüllungsmasse zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schichten wird Besteg genannt.

Flöze heißt man Schichten nutzbarer Gesteine; ähnliche von größerer Ausdehnung heißen Lager. Ablagerungen offenbar aus dem Wasser ausgeschiedener Gesteine von ganz unregelmäßiger Begrenzung heißen Stöcke (vergl. Eruptivgesteine), so z. B. bei Steinsalz.

246. Mächtigkeit der Schichten. Der senkrechte Abstand zwischen beiden Schichtflächen einer Schicht heißt ihre Mächtigkeit; sie kann eine sehr verschiedene (von wenig Centimeter bis mehrere Meter) sein; besonders mächtige Schichten werden Bänke genannt. In der Regel bleibt die Mächtigkeit längs einer größeren Ausdehnung der Schicht gleich; nimmt sie in einer Richtung fortwährend ab, so entsteht dasjenige, was man das Auskeilen einer Schicht nennt. Die Mächtigieit einer Schicht läßt sich am besten

*) Vergl. den zweiten Abschnitt dieses Teiles.

dort beobachten, wo letztere von der Erdoberfläche quer durchschnitten wird, am sogenannten Ausgehenden oder den Schichtenköpfen. Es ist jedoch zu beachten, daß bei einem solchen Querschnitt einer Schicht nur dann die wahre Mächtigkeit zu Tage tritt, wenn derselbe senkrecht zu den Schichtungsflächen steht.

247. **Schichtenreihen** (Schichtensystem). Mehrere übereinanderliegende Schichten in paralleler Lage bilden ein Schichtensystem. In Bezug auf eine Schicht einer solchen Schichtenreihe nennt man die darüberliegenden Schichten das Hangende, die darunterliegenden das Liegende jener Schicht. Die übereinanderliegenden Schichten können gleichartig oder verschieden sein. Im letzteren Falle spricht man von Wechsellagerung. Die Wechsellagerung verschiedenartiger Schichten kann entweder eine unvermittelte sein, oder es findet ein Uebergang in der Art statt, daß mit den Schichten einer bestimmten Gesteinsart immer mächtigere Schichten der anderen Art wechsellagern, bis endlich die zweite Art nur mehr allein auftritt. In anderer Weise findet ein solcher Uebergang durch stetes Häufigerwerden von fremden Konkretionen statt, welche schließlich das erste Gesteinsmaterial vollständig verdrängen.

248. **Ursprüngliche Schichtenlage.** Alle sedimentären Schichten sind ursprünglich in horizontaler oder nahezu horizontaler Lage entstanden. Beweise dafür liefern neben der inneren Notwendigkeit, nach welcher eine Ablagerung aus dem Wasser nicht anders denkbar ist, eingeschlossene Rollstücke und Petrefakten, welche stets mit der platten, breiten Seite auf den Schichtungsflächen liegen, mögen diese jetzt eine beliebige Lage haben, Verhältnisse, welche nur bei ursprünglicher Horizontalstellung der Schichten eintreten konnten.

249. **Gestörte Lagerung.** Nicht immer befinden sich die Schichten in ihrer ursprünglichen Lage. Aus dieser wurden sie durch die verschiedensten Ursachen, wie Kontraktion des Erdkörpers, Spaltenbildung, Einstürze, Eruptivgesteine, Austrocknung oder Aufnahme von Wasser und dadurch hervorgerufene Volumvermehrung, Rutschungen u. dergl. Umstände gebracht. Diese Störungen konnten zuweilen so bedeutende Dimensionen annehmen, daß Schichten senkrecht aufgestellt (saigern, auf den Kopf gestellt), ja sogar darüberhinaus übereinander hingelegt (überkippte Lagerung) wurden. Ein Bild von in verschiedener Weise gestörten Schichten giebt das beistehende

Profil Fig. 73. Diese Schichtenstörungen haben oft ganz eigentümliche Lagerungsverhältnisse hervorgerufen, welche einer besonderen Behandlung bedürfen.

Die Lage gestörter Schichten wird durch Streichen und Fallen derselben bestimmt. Unter ersterem versteht man den Winkel, welchen eine auf der Schichtungsfläche einer gestörten

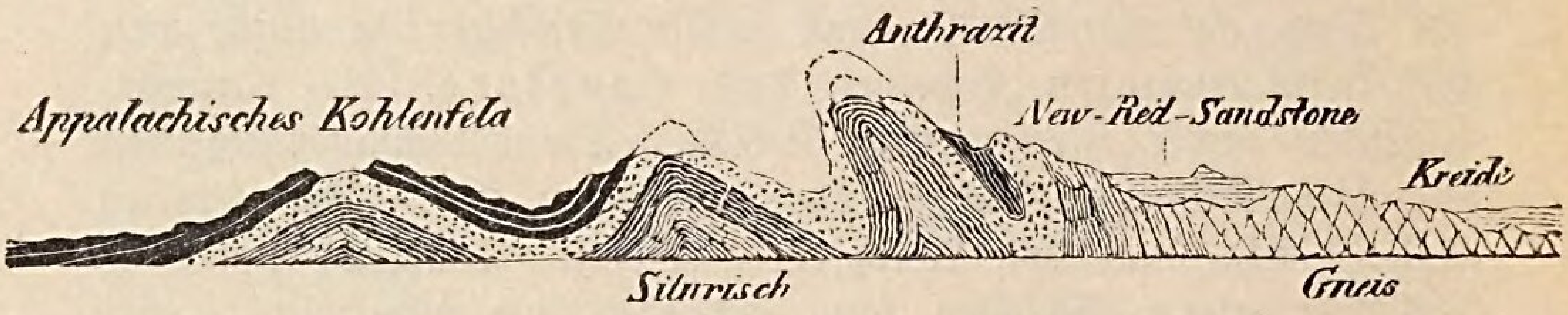


Fig. 73.

Schicht gezogene Horizontallinie (Streichungslinie), s t Fig. 74 mit dem Meridiane macht, unter letzterem den Neigungswinkel der Schicht gegen den Horizont. Zur Bestimmung beider dient

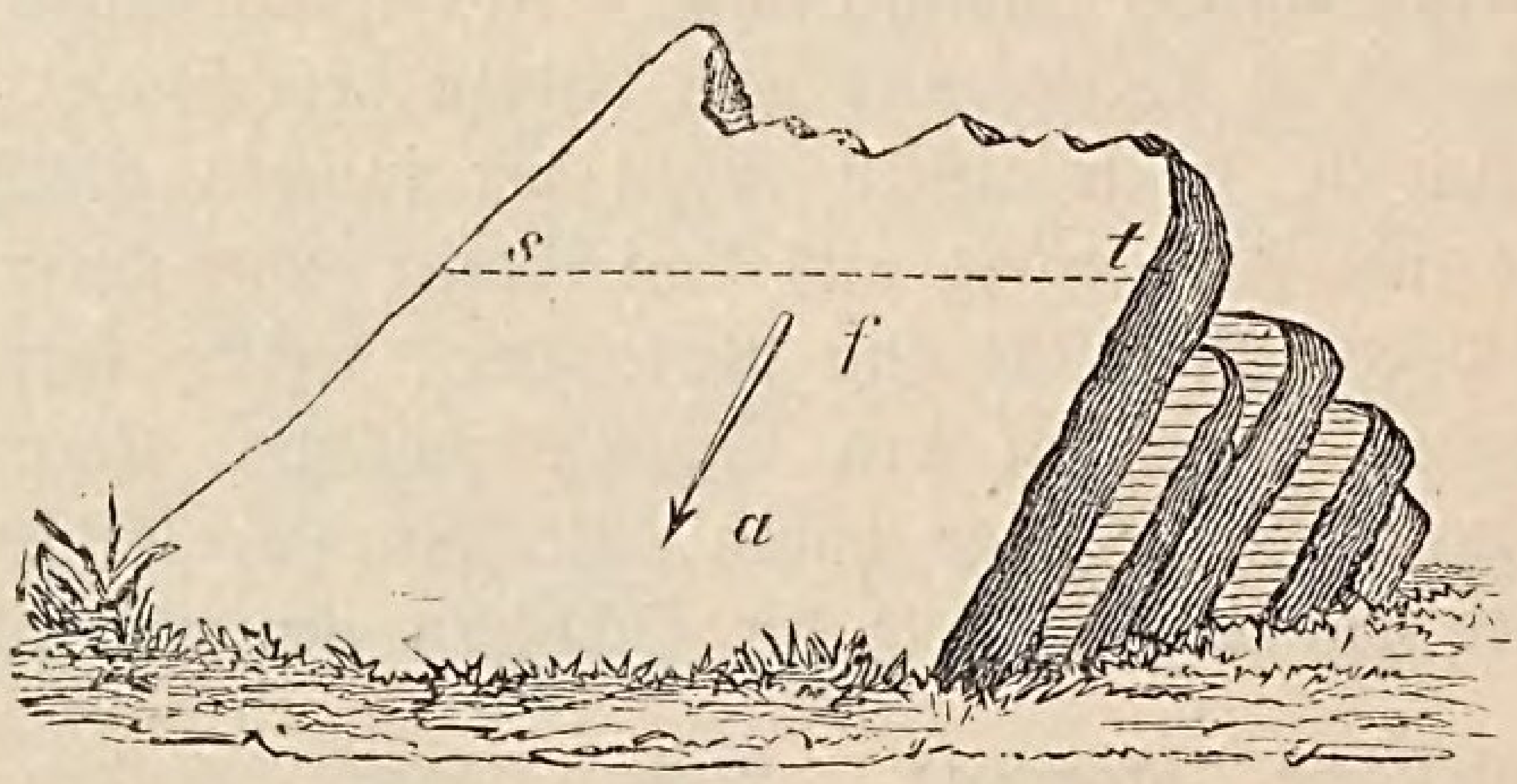


Fig. 74.

der bergmännische Kompaß (vergl. Fig. 75). Derselbe besteht aus einer um eine vertikale Spitze drehbaren Magnetnadel, die über einer Kreisteilung spielt, und einem bequem damit verbundenen Senkblei. Der Kompaß ist zugleich so eingerichtet, daß durch Anlegung der Nordsüdrichtung desselben an die Streichungslinie die Nadel sofort an einem geteilten Kreise den Streichungswinkel [häufig in „Stunden“, „horae“ (24) anstatt in Graden (360) angegeben] anzeigt. Bei genaueren Angaben muß selbst-

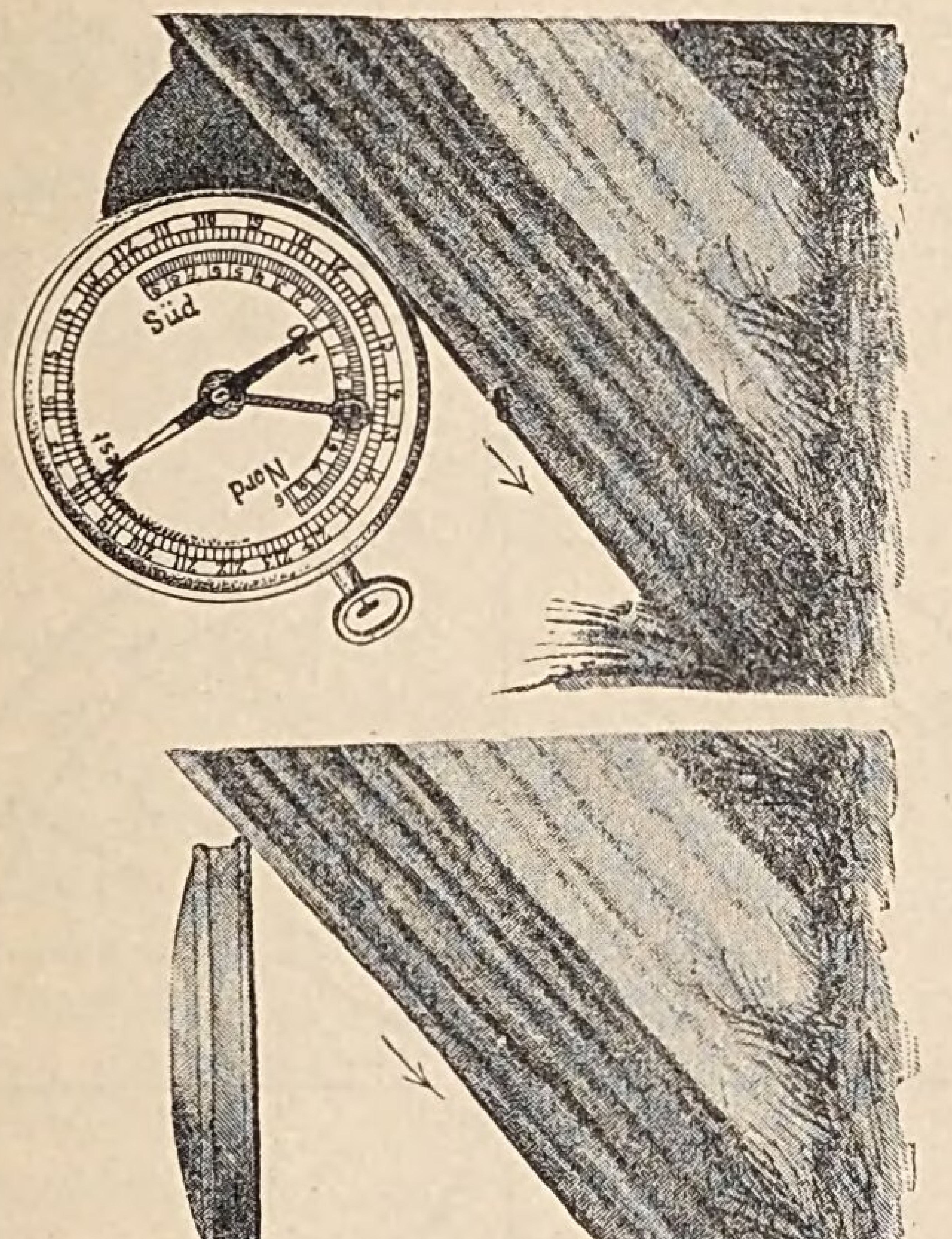


Fig. 75.

verständlich der Wert der jeweiligen Deklination*) berücksichtigt werden. Ebenso zeigt das Senkblei an einem Gradbogen den

*) Dieselbe ist veränderlich und beträgt gegenwärtig in Berlin 9° 50′, in Wien 8° 11′, in München 10° 50′, in Aachen 13° 11′ westlich.

Einfallswinkel an, wenn das Instrument mit der Nord-südlinie an die in der Schichtungsebene auf die Horizontallinie gezogene Senkrechte f a, Fig. 74, angelegt wird.

In neuerer Zeit wurde*) ein Vorschlag zu einer kürzeren Bezeichnungsweise der Lage einer Fläche gemacht. Im wesentlichen besteht dieselbe im folgenden. Man denke sich die Horizontalebene

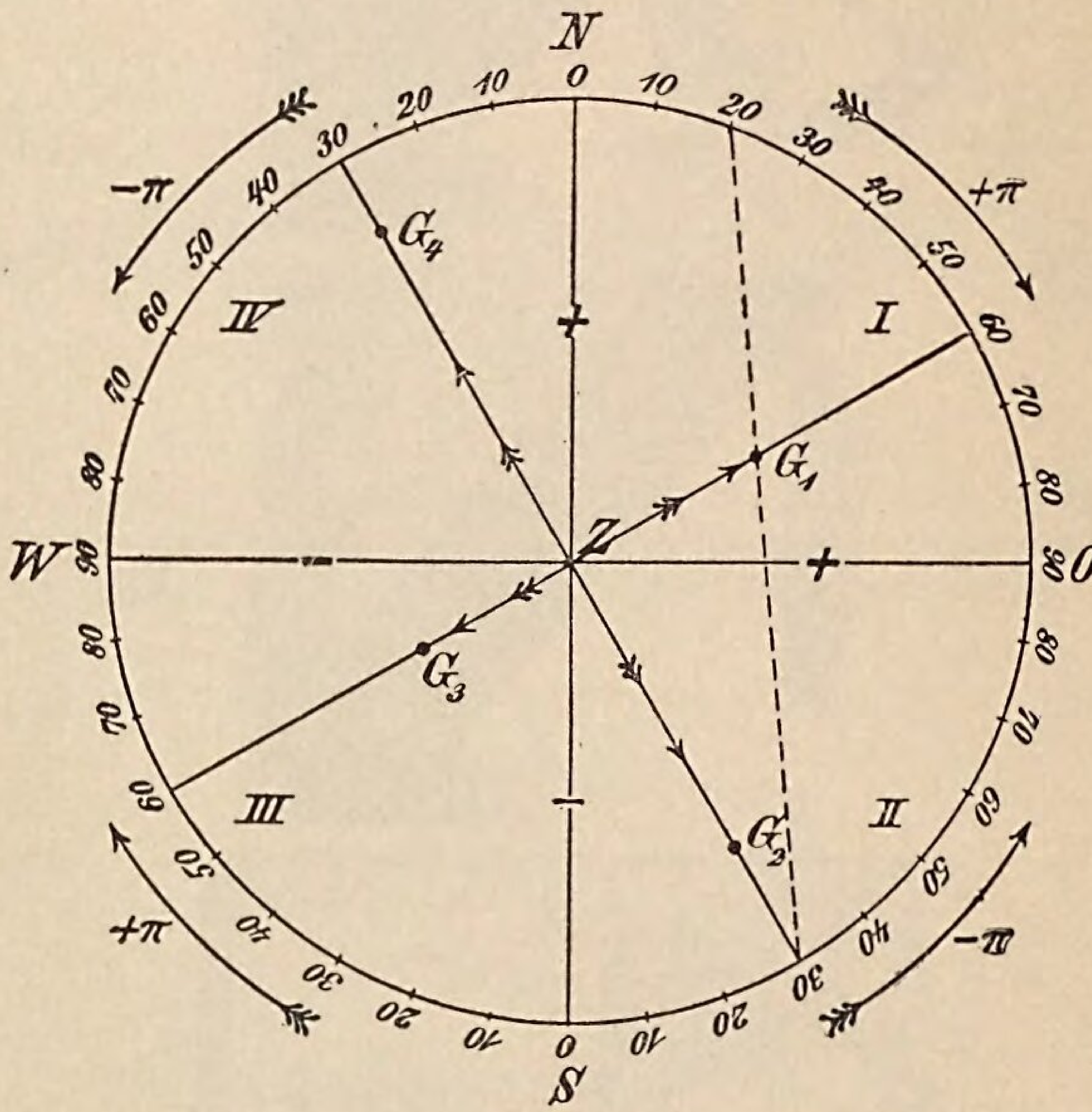


Fig. 76.

des Beobachtungspunktes parallel zu sich selbst bis zum Erdmittelpunkte verschoben, ebenso die geologische Ebene, um deren Bezeichnung es sich handelt. Zieht man auf diese Ebenen senkrechte Erdradien, so treffen diese die Erdoberfläche in den Punkten Z (Beobachtungspunkt, Zenit, vergl. die beigegebene Fig. 76) und G_1 (Pol der geologischen Ebene). Die in den Erdmittelpunkt verlegte Horizontal-

*) Siehe Blaas, Ztschrft. für praktische Geologie 1896, September, und Jahrb. d. geol. Reichsanst. Wien 1896, 269.

ebene des Beobachtungspunktes schneidet die Kugel in einem größten Kreise (Grundkreis, vgl. die Fig.); die Meridianebene des Beobachtungspunktes schneidet den Grundkreis im Nord- (N) und Südpunkte (S). Legt man nun einen größten Kugelkreis durch die Punkte Z und G_1, so schneidet auch dieser den Grundkreis in zwei Punkten (60 in der Fig. 76). Eine einfache Betrachtung zeigt, daß die Lage der geologischen Ebene G_1 bekannt ist, wenn man den Bogen am Grundkreise vom Nord- oder Südpunkte bis zum Schnitte des Kreises durch ZG_1 mit dem Grundkreise (N—60, oder S—60 in der Fig.) und den Bogen ZG_1 kennt. Ersterer wird mit π bezeichnet (Polardistanz) und giebt die Fallrichtung (das Komplement zur Streichungsrichtung) an, letzterer, ζ (Zenitdistanz) genannt, ist gleich dem Fallwinkel der geologischen Ebene. Um auch den Sinn dieser Richtungen angeben zu können, bezeichnet man alle Winkel, welche von Nord über Ost rc. (also im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers) gerechnet werden, mit $+\pi$, in entgegengesetzter Richtung mit $-\pi$; ebenso alle Winkel von Z aus im positiven, nördlichen Halbkreis mit $+\zeta$, alle im negativen, südlichen Halbkreise mit $-\zeta$. Das Symbol einer geologischen Ebene ist also $\pm\pi \mid \pm\zeta$. In der Fig. ist z. B. $G_1 = +60 \mid +50$, $G_2 = -30 \mid -70$, $G_3 = +60 \mid -40$, $G_4 = -30 \mid +80$.

Die Werte von π und ζ können am bergmännischen Kompasse unmittelbar abgelesen werden, wenn man an demselben einige Veränderungen anbringt, die, etwa auf ein Celluloidscheibchen gezeichnet, leicht am Deckglase des üblichen Instruments ersichtlich gemacht werden können. In Fig. 77 S. 198 stellt der äußere Kreis die gewöhnliche Einteilung des Kompasses, der innere die geänderte vor. Wie man sieht, wird die Ost-West-Linie in die Streichungsrichtung gebracht, die Spitzen der Nadel zeigen dann π und dessen Zeichen. Das Zeichen von ζ, — dessen Zahlenwert in gewöhnlicher Weise gefunden wird —, bestimmt folgende Regel: Sorgt man beim Anlegen des Kompasses dafür, daß jede Nadelhälfte nur über ihrem Halbkreise spielt, also die nördliche (blaue) nur über dem nördlichen, d. i. positiven (bei NS-Streichen über der positiven ZO-Linie), die südliche nur über dem negativen, so erhält ζ das Zeichen jener Hälfte der Nordsüdlinie, gegen welche hin die Schicht fällt.

250. **Verwerfungen.** Infolge verschiedener Einwirkungen, wie Druck, Erschütterungen, unterirdische Einstürze, entstanden in den Gesteinsmassen Spalten, so daß einzelne Stücke von anderen losgelöst wurden und für sich allein weiteren Verschiebungen (Dislokationen)

ausgesetzt waren, wodurch sogenannte Verwerfungen hervorgerufen wurden (vergl. Fig. 78). Verwerfungen entstanden entweder da=

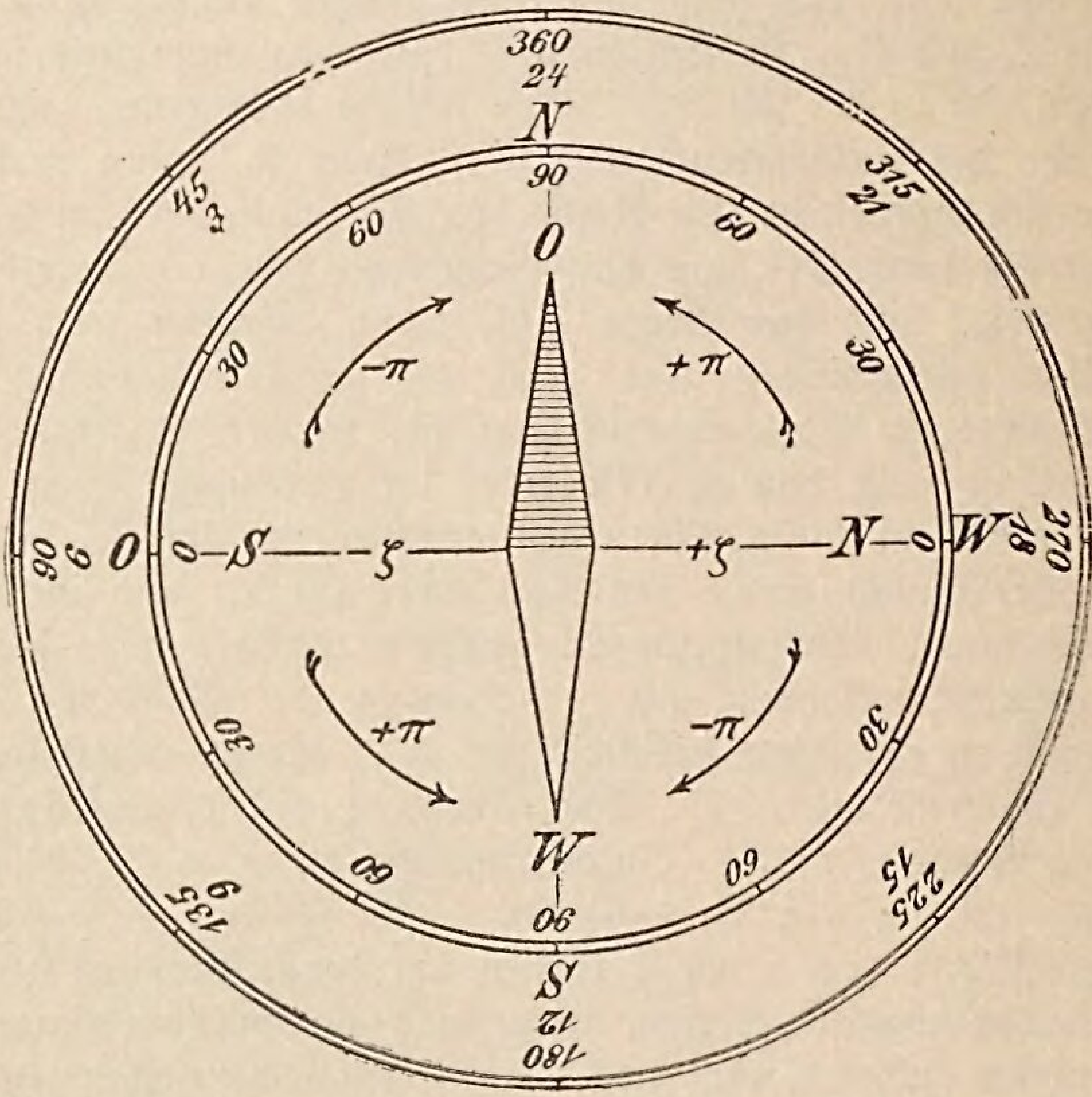


Fig. 77.

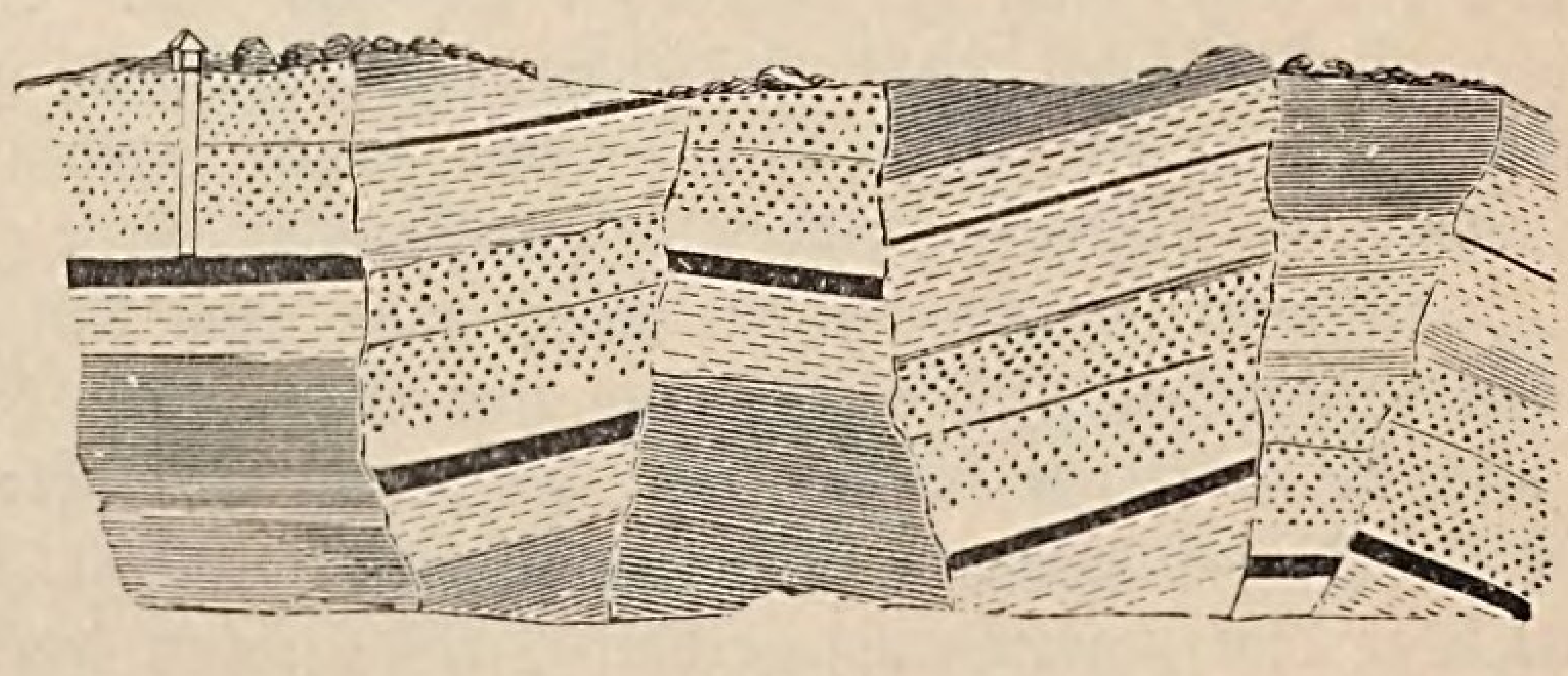


Fig. 78.

durch, daß Stücke einer Schichtenreihe in die Tiefe sanken oder daß andere in die Höhe gehoben wurden. Die vertikale Distanz einer solchen Verschiebung heißt Sprunghöhe; dieselbe kann eine sehr

beträchtliche Größe erreichen. Die Spalten, längs welcher die Verschiebung stattgefunden, und welche infolge derselben häufig glatt poliert (Rutschflächen) oder mit Friktionssand oder -schutt erfüllt sind, heißen Verwerfungsspalten, Sprünge, Klüfte.

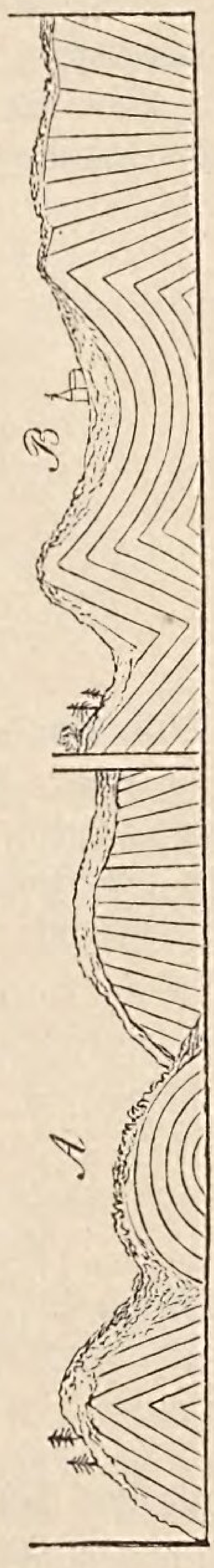


Fig. 79.

251. Faltungen. Seitlicher Druck oder Hebung und Senkung haben mannigfache Verbiegungen der Schichten hervorgerufen. Wiederholen sich dieselben öfter, so entstehen die sogen. Faltungen, welche im Profil*) oft einen schön wellenförmigen Verlauf zuweilen mit sehr steilen Windungen zeigen (vergl. Fig. 79). Ist dabei die Streichungsrichtung eine ungeänderte, geradlinige, so spricht man von geradelaufenden, ändert sie sich dagegen fortwährend im gleichen Sinn (ist die Streichungslinie eine krumme), von einem umlaufenden Schichtenbau. Die Wellenberge solcher gefalteten Schichten bilden sogenannte Sättel oder Kuppen, die Wellenthäler dagegen Rinnen oder Mulden, je nachdem der Schichtenbau ein gerader oder umlaufender ist. Die Stellung der Schichten in Sättel und Kuppen heißt antiklinal (von einer höchsten Linie oder einem höchsten Punkte abfallend) (Fig. 79 A), jene der Rinnen und Mulden synklinal (einer tiefsten Linie oder einem tiefsten Punkte zufallend) (Fig. 79 B). Aufgeborstene Sättel führen zur Bildung von Spaltenthälern; sind die oberen Teile eines Sattels durch irgend eine Ursache entfernt, so spricht man von Luftsätteln (vergl. Fig. 80 S. 200).

Knieförmige Schichtenbiegungen heißen Flexuren.

Ausführliches über diesen Gegenstand und seinen Zusammenhang mit der Oberflächengestaltung der Erde ist Gegenstand der Geologie und physikalischen Geographie.

*) Unter einem geologischen Profil versteht man die Projektion von Schichten auf einer Ebene, welche auf der Streichungslinie senkrecht steht. Ein Profil giebt daher zwar Aufschluß über den Fallwinkel von Schichten, nicht aber über ihre Streichung; letzteres muß durch einen Grundriß (Projektion der Streichungslinie auf die Horizontalebene) versinnlicht werden.

252. **Fächerstellung**, wie sie besonders häufig in den Alpen zu beobachten ist, wird bei sehr steilen Faltungen dadurch hervorgebracht, daß infolge seitlichen Druckes der untere Teil solcher Faltensysteme zusammengepreßt wurde, so daß der obere von einem Punkte oder einer Linie nach rechts und links überkippte Stellung zeigt, wobei durch Zertrümmerung Luftsättelbildung eintrat. (Vgl. Fig. 80.)

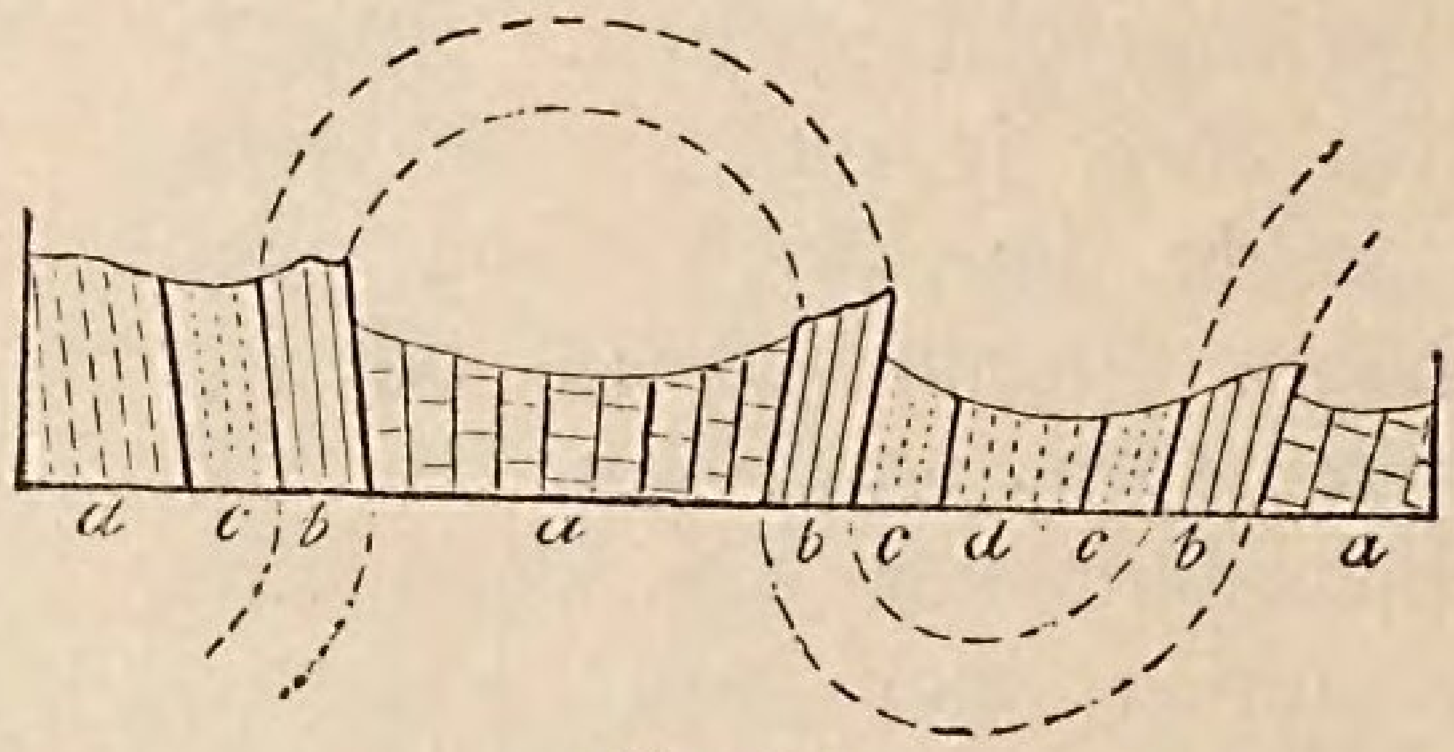


Fig. 80.

253. **Konkordanz und Diskordanz der Schichten.** Erfolgt ein Absatz neuer Schichten auf älteren, ungestörten, so zeigen beide Schichtensysteme, da eine spätere Störung sicher beide in gleicher Weise getroffen hat, konkordante Lagerung. Wurden aber jüngere Schichten auf bereits gestörten abgesetzt, so findet natürlich keine

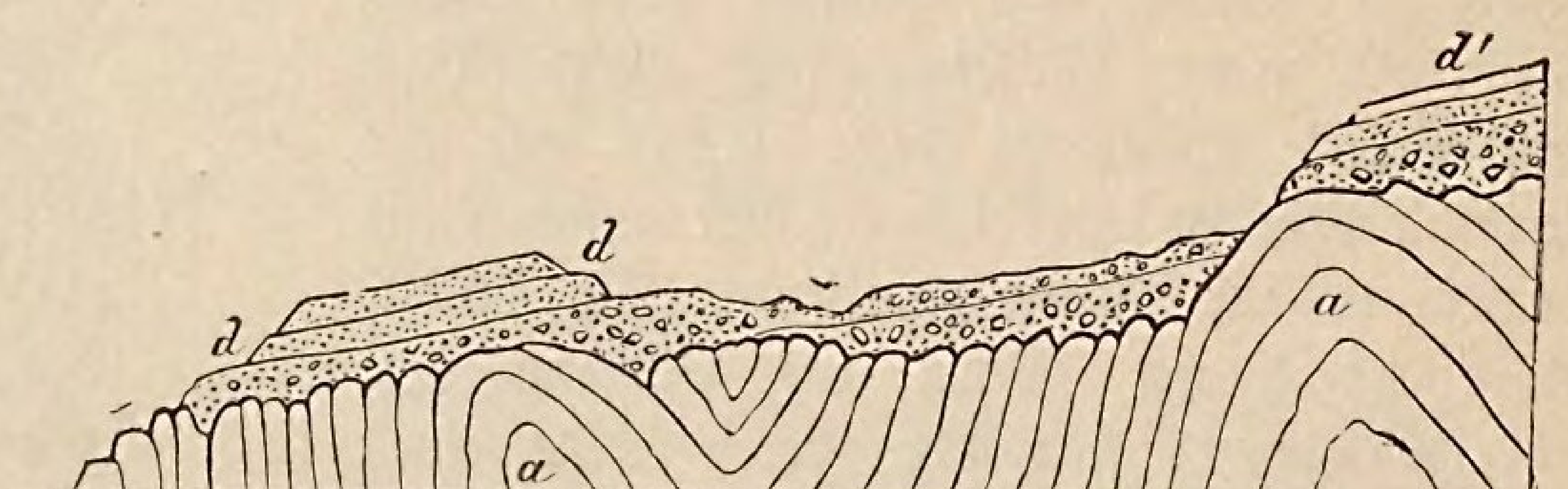


Fig. 81.

Parallelität beider Schichtensysteme sowohl ohne weitere Störung als auch im Falle einer neuen Störung, welche beide betroffen hat, statt. Solche Schichten zeigen eine diskordante Lagerung. So liegt die Schicht d′ (Fig. 81) konkordant auf d, beide aber diskordant auf a. Das Profil lehrt, daß die Schichten a vor der Ablagerung von d und d′ eine Störung erlitten haben; die Schicht d′ traf die Schichten d noch ungestört; nach der Ablagerung von d′ hat eine neue Störung alle drei Schichtensysteme getroffen.

b) Massige Gesteine.

254. Unterschied von den Schichtgesteinen. Massige Gesteine unterscheiden sich in der Regel schon sofort von den Schichtgesteinen durch ihre Lagerungsformen. Die massigen Gesteine sind, sofern sie nicht den allgemeinen Untergrund (die ursprüngliche Erstarrungskruste) aller übrigen Gesteine bilden, durch Spalten der Sedimentärgebilde aus dem Erdinnern emporgedrungen (daher Intrusivgesteine); die häufigste bei massigen Gesteinen auftretende Lagerungsform wird daher

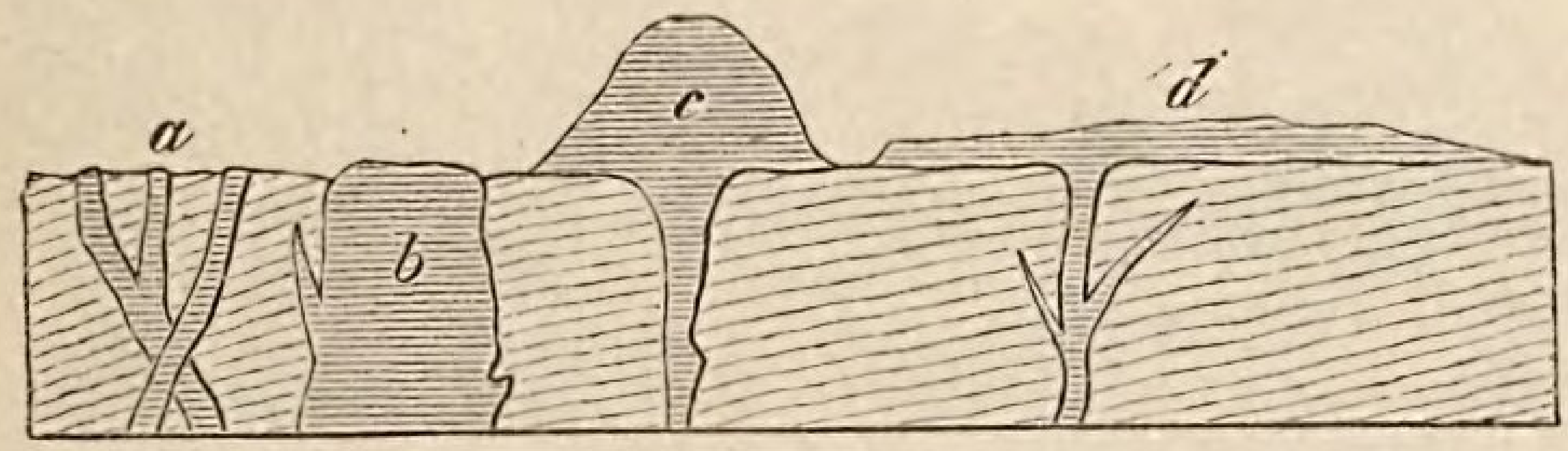


Fig. 82.

im Gegensatz zur sogen. Auflagerung der geschichteten Gesteine eine durchgreifende Lagerung sein, worunter man die Lagerungsform einer ein anderes Gestein in ganz unregelmäßiger Weise durchsetzenden Gesteinsmasse versteht. Erst an der Oberfläche des durchbrochenen Gesteins, wo sich die empordringenden flüssigen Massen ausbreiten konnten, geht diese Lagerungsform zuweilen in die Auflagerung über. Die Formen der hier in Betracht kommenden durchgreifenden Lagerung sind Gänge und Stöcke, die der Auflagerung Ströme und Decken (Fig. 82). Eine eigenartige Lagerungsform sind die Lakkolithe.

255. Gänge. (Vgl. Fig. 82a und Fig. 83). Werden Gesteinsspalten von fremder Gesteinsmasse ausgefüllt, so entstehen Gänge. Sie durchsetzen meist ganz regellos das ältere Gestein, verzweigen sich zuweilen, senden kleinere Aeste (Apophysen) aus und zeigen eine sehr verschiedene Mächtigkeit. Sehr häufig läßt sich der Zusammenhang der Gesteinsgänge mit größeren Eruptivmassen nachweisen. Das Korn eines Ganggesteins ist in der Regel in der Mitte des Ganges gröber als an den Grenzflächen (Saalbändern), und die Struktur an den letzteren geht sehr oft in eine glasige über. Sehr häufig umschließen die Gänge Brocken des Nebengesteins; auffallend ist dabei, daß diese manchmal ganz unverändert geblieben sind, während sie in anderen Fällen angeschmolzen (gefrittet) erscheinen.

Die durch Eruptivgesteine erfüllten Gänge nennt man wohl auch **Eruptivgänge.** Gänge, welche ein nutzbares Metall führen, werden **Erzgänge** genannt; laufen Gänge der Schichtung parallel, so heißen sie **Lagergänge.** Die Ausfüllungsmasse der Erzgänge heißt **Gangart,** doch bezeichnet man mit diesem Namen oft auch nur das taube Gestein (Quarz, Kalk 2c.), welches im Gange neben dem Erze vorkommt.

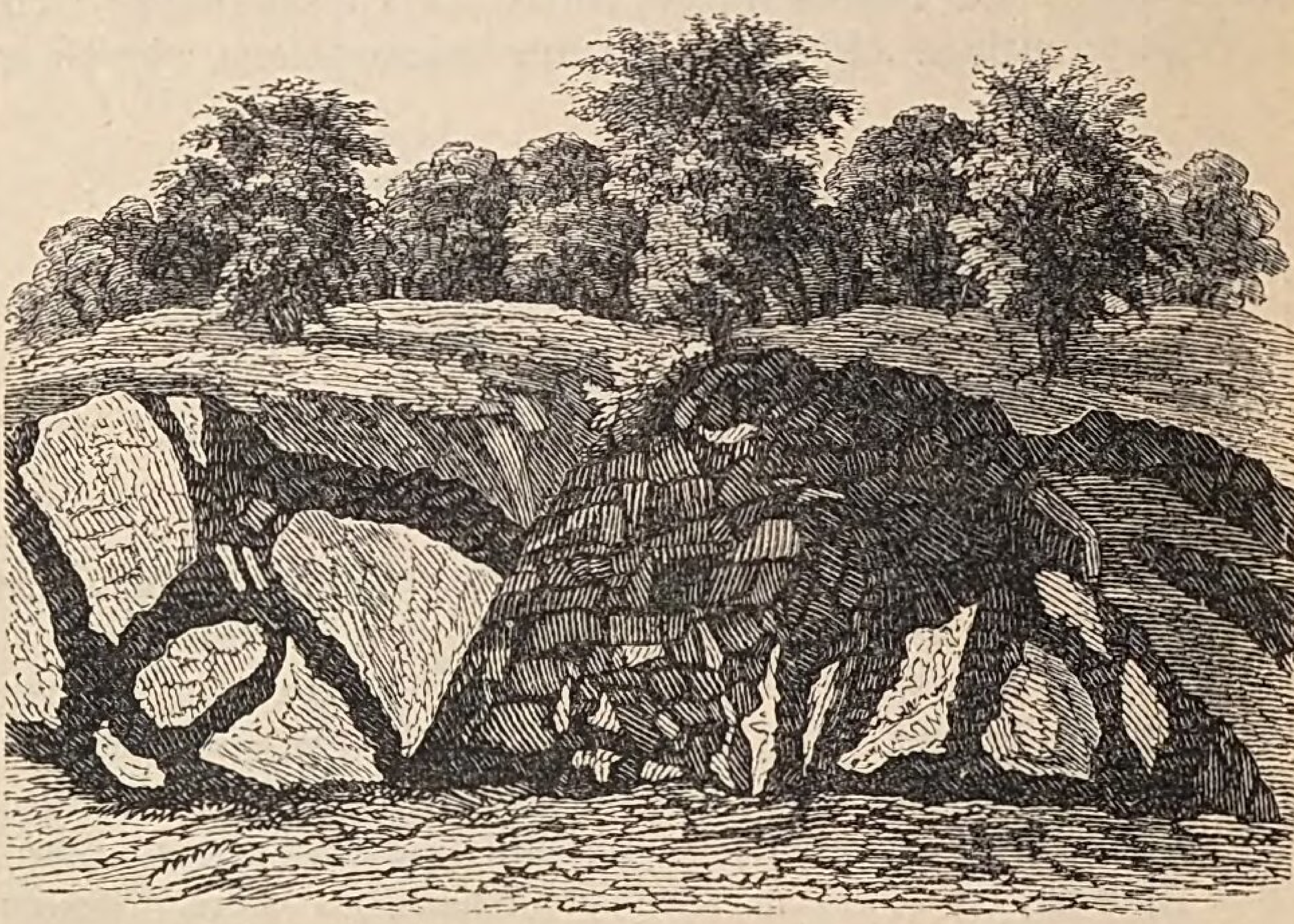


Fig. 83.

Lamprophyre nennt man meist dunkel gefärbte, feinkörnige bis dichte leicht verwitterbare und dabei Karbonate bildende **Ganggesteine** von verschiedener mineralogischer, in der Regel dem Diorit- oder Syenittypus angehöriger Zusammensetzung.

Werden Spalten von oben durch einfließende Minerallösungen oder Schuttmassen ausgefüllt, so entstehen gangähnliche Formen, welche sich aber wesentlich von den eigentlichen Gesteinsgängen durch ihre verschiedene Entstehungsweise unterscheiden.

256. Stöcke. Sie sind größere Eruptivmassen von unregelmäßigen Formen, welche in **durchgreifender** Lagerung dem Nebengestein eingefügt sind (vergl. Fig. 82b). Der Querschnitt (Horizontalschnitt) eines Stockes zeigt rundliche, ovale, oder ganz unregelmäßige Umrisse, der Vertikalschnitt unregelmäßige Formen

mit Apophysen (Abzweigungen) und nach oben gewöhnlich abnehmenden Dimensionen. Unter den Gesteinen, welche besonders häufig in Form von Stöcken auftreten, ist vor allen der Granit zu nennen, welcher zuweilen in Stöcken von mehreren Meilen Umfang auftritt. Außerdem sind zu nennen Syenit, Diorit u. a.

Die meisten Stöcke dürften sogen. Bathylithe (Tiefengesteine, abyssische Gesteine) sein, d. h. ursprünglich in großen Tiefen als Ausfüllung von vorgefundenen oder selbst erzeugten Hohlräumen erstarrte Massen, die später durch Erosion oder die gebirgsbildenden Kräfte zu Tage traten. Ein Teil dieser Bathylithe hat eine eigentümliche brotlaibähnliche Form, liegt bei ungestörter Lagerung auf horizontalen Schichten und wird von domförmig emporgehobenen Schichten bedeckt. Liegende und hangende Schichten zeigen Kontaktmetamorphosen und werden von Apophysen durchsetzt. Solche Gebilde nennt man

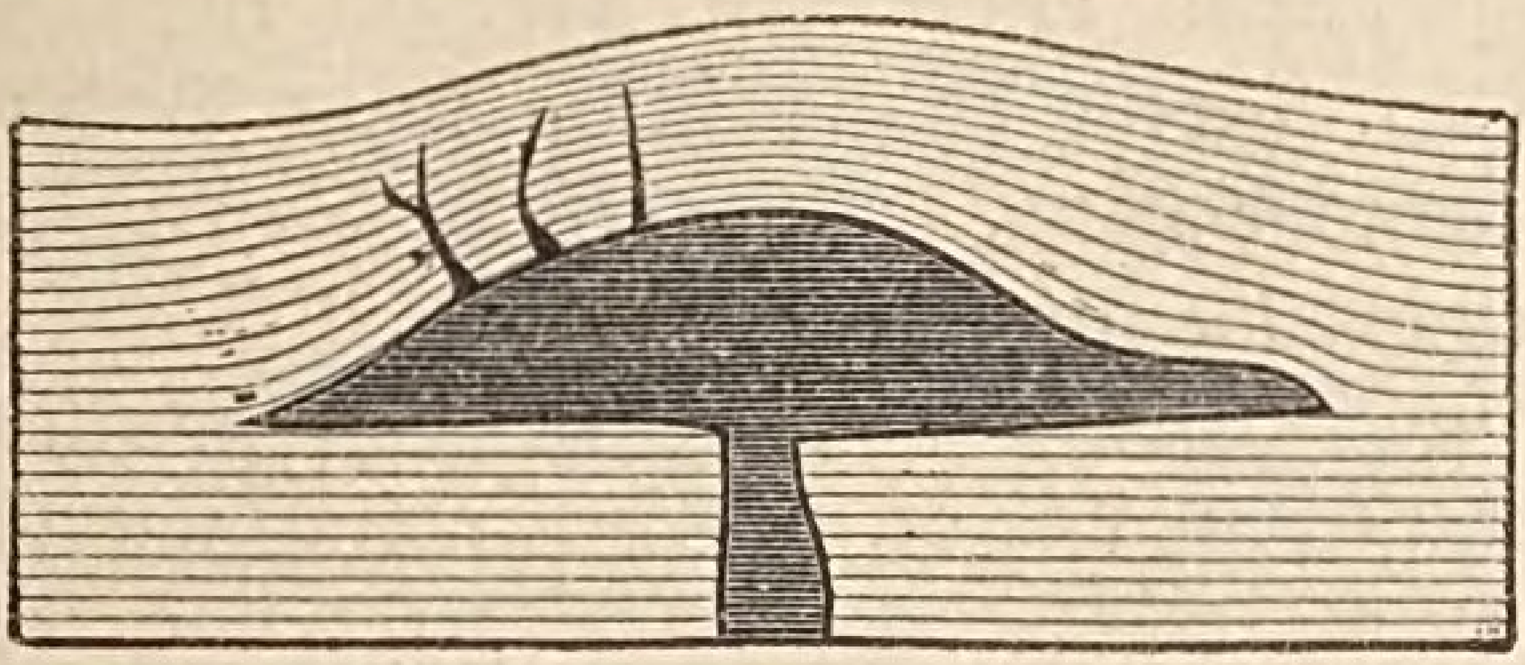


Fig. 84.

Lakkolithe. Vergl. Fig. 84. Die ersten und großartigsten Lakkolithe wurden von Gilbert*) in den Henry Mountains im südlichen Utah, im Colorado-Plateau, aufgefunden. In neuerer Zeit werden viele Granitvorkommnisse (bei Marienbad, in den Tauern 2c.) für Lakkolithe erklärt.

Kuppen, Quellkuppen, Domvulkane (Fig. 82 c) nennt man an der Erdoberfläche glocken- oder kegelförmig aufgehäufte Eruptivmassen.

Kuppe (Pic) und ähnliche Ausdrücke sind auch Namen für bestimmte Reliefformen der Erdoberfläche, welche zwar meist mit Stockbildung zusammenhängen, übrigens aber auch einen ganz verschiedenen Ursprung haben können.

257. Ströme. Die noch thätigen Vulkane ergießen zuweilen teils aus dem Krater, teils aus Spalten an der Seite der kegelförmigen Erhebung feuerflüssige Gesteinsmassen, welche sich, wenn

*) Rep. on the Geol. of the Henry Mount. 1877.

der Abhang steil ist, in schmalen, wenn er flach ist, in breiten Strömen ergießen und nach und nach erstarren. Solche Ergüsse nennt man Laven*). Sehr häufig findet man auch Liparite, Trachyte, Andesite und ältere Basalte in ähnlichen Strömen (als „Laven") entwickelt, ohne daß der Zusammenhang mit einem Vulkane immer deutlich erkennbar wäre. Die Laven zeigen eine runzlige, schlackige Rinde, besitzen näher an der Oberfläche ein feineres, mehr im Inneren, wo die Abkühlung langsamer vor sich ging, ein gröberes Korn. Die ursprüngliche Bewegung giebt sich häufig durch Fluidalstruktur zu erkennen.

258. **Decken.** Breitet sich die durch Gänge aus dem Erdinnern empordringende glutflüssige Gesteinsmasse auf horizontaler Oberfläche nach allen Seiten hin aus, so entstehen sogenannte Decken (vergl. Fig. 82 d). Sie gleichen in ihrem Bau den Strömen, unterscheiden sich aber von diesen durch den Mangel einer ausgesprochenen Längsausdehnung. Sehr häufig stehen solche Decken mit mehreren Gängen im Zusammenhang. Besonders sind es basaltische Gesteine, welche in Deckenform auftreten.

Werden solche Decken von späteren Sedimentärschichten überlagert, so entstehen Lager. Sie sind sedimentären Schichten konkordant oder diskordant eingelagert und haben an den Störungen der letzteren nach der Ablagerung der Decke teilgenommen. Porphyre sind es besonders, welche umgeben von Tuffablagerungen dyasischen und triasischen Schichten lagerförmig eingebettet sind.

II. Entstehung der Gesteine.

259. **Erklärung.** Eine der wichtigsten Aufgaben, an deren Lösung Geologie und Petrographie mit gleichem Eifer arbeiten, ist die Frage nach der Entstehung und den Ursachen des gegenwärtigen Zustandes der Gesteine. Die Mehrzahl der bis jetzt bekannten Gesteine läßt sich ohne große Schwierigkeiten auf eine der

*) Die Bezeichnung „Lava" bezieht sich also nicht auf einen petrographisch definierten Gesteinstypus, sondern drückt nur eine Lagerungsform aus. Häufig wird jedoch das Wort in einem etwas engeren Sinne zur Bezeichnung der jüngsten vor unseren Augen entstehenden (allerdings auch petrographisch besonders charakterisierten), gewöhnlich in Strömen entwickelten Eruptivgesteine gebraucht. Auch von älteren Ergußgesteinen (z. B. Porphyr) gebraucht man den Ausdruck, wenn sie in einer Form auftreten, die auf eine ähnliche Bildungsweise schließen läßt.

beiden Bildungsweisen, nämlich Absatz aus dem Wasser oder Erstarrung aus einem Schmelzflusse, zurückführen. Erstere heißen sedimentäre, letztere Eruptivgesteine (anogene Gesteine). Stößt nun auch die Annahme von dieser zweifachen Art der Entstehung der meisten Gesteine kaum auf Widerspruch, so giebt es doch eine Anzahl von Gesteinen, die nicht sicher in der einen oder anderen dieser Gruppen untergebracht werden können. Es sind dies die älteren krystallinen Schiefer, welche, so wie sie heute vorliegen, sicher nicht Sedimente, aber auch nicht Eruptivgesteine im gewöhnlichen Sinne dieser Ausdrücke darstellen. Manche sehen in diesen Gesteinen unter außerordentlichen Umständen entstandene Sedimente, andere halten sie für Produkte einer allgemeinen Umwandlung (Metamorphose) ursprünglich in gewöhnlicher, zum Teil sedimentärer, zum Teil eruptiver Weise entstandener Ablagerungen. Im folgenden soll nun eine kurze Darlegung der Entstehungsweise der wichtigsten Gesteinsfamilien gegeben werden, während die Lehren von der Gesteinsmetamorphose in einem eigenen Abschnitte zusammengefaßt werden sollen.

Da sich die Gesteine aus Mineralien aufbauen, so müßte zunächst etwas über die Bildung dieser letzteren vorausgeschickt werden. Da aber einerseits unsere Kenntnisse hierüber noch ziemlich mangelhaft sind, anderseits sich dieselben meist nur auf die Bildung von Mineralien unter den gegenwärtigen und von uns künstlich herbeiführbaren Verhältnissen bezieht, welche meist so weit von jenen verschieden sind, unter welchen die Gesteine entstanden sind, daß Schlüsse daraus nur mit aller Vorsicht gezogen werden können, so kann hier von einer Behandlung dieser Verhältnisse um so mehr abgesehen werden, als Genesis und Paragenesis der Mineralien in erster Linie Gegenstand der Mineralogie sind.

a) Die Eruptivgesteine.

260. Entstehung der Laven. Durch die Voraussetzung eines anfänglichen glutflüssigen Zustandes unserer Erde und die Gewißheit, daß noch gegenwärtig im Innern des Erdballs sich glutflüssige Massen befinden, ist überhaupt die Annahme, daß Gesteine sich ursprünglich im schmelzflüssigen Zustande befunden haben, gerechtfertigt. Daß thatsächlich aus Schmelzflüssen krystalline Gesteine entstehen können, beweisen die vor unseren Augen aus dem Erdinnern emporquellenden, in Strömen dahinfließenden Laven. So schwierig es uns auch wird, gewisse Thatsachen, wie das Vorkommen

von Wasser (das einige Laven enthalten), Eigentümlichkeiten in der Erstarrungsfolge der Mineralien (vgl. S. 25 u. 210) und anderes, das mit den Lehren der Chemie oft im schroffsten Widerspruche zu stehen scheint, einzusehen, so wird doch durch die unleugbare Thatsache jeder Zweifel unmöglich.

So wenig aber an der pyrogenen Bildungsweise, das heißt an einer Entstehung aus einem Glutflusse, der jetzigen Laven gezweifelt werden kann, so wenig darf dies bezüglich jener Gesteine geschehen, deren Lavanatur aus dem Zusammenhang mit einem Vulkane, aus dem Vorkommen in Strömen, aus schlackiger Oberfläche u. dergl. mit Evidenz erweisbar ist. Dies ist aber bei vielen Basalten, bei manchen Trachyten und Andesiten der Fall, so daß die eruptive Natur auch dieser anerkannt werden muß.

An Erklärungsversuchen für die eben erwähnten Schwierigkeiten fehlt es nicht, wenn sie auch alle nicht vollkommen befriedigen. Der Wassergehalt, der auf den ersten Blick am unerklärlichsten erscheint, da ja bei der hohen Temperatur, welche die glutflüssige Masse besessen haben muß, alles Wasser in Dampfform entweichen mußte, sowie die eigentümliche Erstarrungsfolge der Mineralien wird dadurch erklärt, daß viele Gemengteile, wahrscheinlich die größeren, in bedeutender Tiefe entstanden sein dürften, wo der Druck auf den Schmelzfluß ein immenser war, so daß das Wasser trotz seiner hohen Temperatur flüssig blieb und in die sich bildenden Mineralien eingeschlossen werden konnte. Der so bedeutende Druck hat auch sicher den Schmelzpunkt der Mineralien derart geändert, daß das unter gewöhnlichen Verhältnissen schwerer Schmelzbare zum verhältnismäßig leichter Schmelzbaren wurde und umgekehrt, wie Aehnliches wohl auch an anderen Körpern experimentell nachgewiesen wurde. Als Beispiel möge folgende kleine Tabelle dienen, welche die Schmelztemperaturen dreier Körper unter verschiedenem Drucke angiebt. Es schmilzt bei

Atmosphärendruck.	Walrat.	Wachs.	Stearin.
1	51° C.	64,5° C.	72,5° C.
519	60	74,5	73,7
792	80,2	80,2	79,2

woraus ersichtlich, daß das bei 1 Atmosphärendruck am schwersten schmelzbare Stearin bei 792 Atmosphärendruck am leichtesten schmilzt.

Die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Magmas, sowie die Reihenfolge der Ausscheidungen der Gemengteile eruptiver Gesteine wurden in neuerer Zeit wiederholt zum Gegenstande intensiver Studien gemacht, ohne daß es bisher gelungen wäre, in

dieses dunkle Gebiet volles Licht zu verbreiten. Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, auf die vielfach noch sehr hypothetischen Meinungen einzugehen, und zwar um so weniger, als zu ihrem Verständnisse chemische und physikalische Grundbegriffe in umfangreicher Weise erörtert werden müßten, auf die einzugehen der Raum nicht gestattet. Wir verweisen diesbezüglich auf die eingehenden und außerordentlich klaren Auseinandersetzungen in Zirkels Petrographie, I, S. 711 ff.

261. Entstehung der übrigen jüngeren Eruptivgesteine. Die Basalte, Trachyte, Liparite und Andesite, welche nicht als Laven entwickelt sind, zeigen mit den als Laven auftretenden, also zweifellosen Eruptivgesteinen solche Verknüpfung und solche Gleichheit der Ausbildung, daß an einer ähnlichen Entstehungsweise nicht gezweifelt werden kann. So finden sich in den meisten Trachyten Glaseinschlüsse, deren Vorhandensein als ein untrügliches Zeichen für einen ursprünglichen schmelzflüssigen Zustand angesehen wird. Ferner beobachtet man in ihnen stets zerbrochene und wieder durch die übrige Gesteinsmasse verkittete, oft in Haufen zusammengeworfene Krystalle, welche neben der nicht selten auftretenden Fluidalstruktur für die einstige lebhafte Bewegung der Masse Zeugnis geben. Auch die öfters vorkommenden Einschlüsse von Fragmenten der in der Tiefe durchbrochenen Gesteine, so wie ihr Auftreten in Gängen, ihre Massivstruktur, das Feinerwerden des Kornes an der Oberfläche und in schmalen Gängen, welches offenbar als eine Folge der schnelleren Abkühlung anzusehen ist, und endlich die Kontaktwirkungen auf das Nebengestein, die oft nachweisbar sind, müssen als ebensoviele Beweise für die eruptive Natur dieser Gesteine gelten.

Der Wassergehalt, den manche dieser Gesteine zeigen, erklärt sich hier in derselben Weise, wie oben angeführt wurde. Größere Schwierigkeiten bereitet der Quarzgehalt der Liparite, da man bisher Quarz experimentell aus einem schmelzflüssigen S i l i k a t m a g m a nicht darstellen konnte. So berechtigt nun auch mit Rücksicht auf diesen Umstand die Frage ist, wie damit die Annahme eines ursprünglich glutflüssigen Zustandes quarzhaltiger Gesteine, deren Quarzgehalt sicher nicht sekundären Ursprungs ist, vereinbar sei, so berechtigt ist selbstverständlich auch der Hinweis auf eine andere, nicht minder sichere Thatsache, daß nämlich zweifellos als Laven entwickelte trachytische Gesteine (Quarz-Andesitlaven des Antisana und Quamini) Quarz ausgeschieden enthalten. Läßt sich auch nur für e i n quarzhaltiges Gestein die pyrogene Entstehungsweise unzweifelhaft nachweisen, so spricht der

Quarzgehalt auch bei den übrigen, bei welchen andere Zeichen auf einen ursprünglich glutflüssigen Zustand hinweisen, nicht gegen ihre pyrogene Natur. Es liegt hier eben eine Thatsache vor, die, wie so viele andere, noch der Erklärung harrt.

262. Kennzeichen der Eruptivgesteine. Suchen wir nach dem Gesagten die wesentlichen Merkmale, welche teils aus der Natur der Sache, teils durch ihr Vorkommen in zweifellos eruptiven Gesteinen für die Entstehung eines Gesteins aus einem Schmelzflusse sprechen, so können wir dieselben kurz in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Glaseinschlüsse in den Mineralien und Glasmasse als Bestandteil.
2. Einschlüsse von Fragmenten anderer in der Tiefe vorkommenden Gesteine.
3. Mangel an Schichtung, Massivstruktur, Fluidalstruktur, durchgreifende Lagerung.
4. Wirkungen auf das Nebengestein, wie sie nur von Schmelzflüssen mit hoher Temperatur herrühren können (Frittung, Verglasung, Umkrystallisierung [Kontaktmetamorphose]).
5. Mechanische Einwirkungen auf das Nebengestein, Reibungsflächen, Zerbrechungen, Reibungsbreccien und (seltener) Schichtenstörungen.

Selten dürften wohl alle diese Merkmale zusammen an einem Gesteine vorkommen; je mehr aber auftreten, desto sicherer wird der Schluß auf seine Entstehung. Eigentümlich ist die Erscheinung, daß an einem Gesteine das eine oder andere Merkmal auftritt, andere aber, die wir kaum entbehren zu können glauben, wie z. B. Kontaktwirkungen auf das Nebengestein, oft durchaus fehlen.

263. Entstehung der älteren Eruptivgesteine. Fragt es sich, ob den Graniten*), Syeniten, Porphyren, Dioriten und Diabasen, Melaphyren und den anderen älteren Massengesteinen wirklich dieselbe oder wenigstens eine ähnliche Entstehungsweise zuzuschreiben sei wie den Laven, Basalten, Trachyten 2c., deren pyrogene Entstehungsweise nicht zweifelhaft ist, so müssen sie jene eben aufgezählten Merkmale entweder vereint oder wenigstens teilweise besitzen und dürfen keines jener Kennzeichen aufweisen, welche im folgenden Ab-

---

*) Daß denjenigen Graniten, welche regelmäßig mit krystallinen Schiefern wechsellagern, eine andere Entstehungsweise zugeschrieben werden muß, ist im speziellen Teile (S. 130) bereits erwähnt worden.

schnitte für sedimentäre Gesteine angeführt sind. Bei vielen der genannten Gesteine lassen sich sämtliche Merkmale nachweisen, bei manchen fehlen einige, so z. B. ist nicht selten durchaus keine Kontaktwirkung auf das Nebengestein bemerklich, und selbst eingeschlossene Bruchstücke anderer Gesteine zeigen nicht die geringste Veränderung; manchmal verliert sich allmählich die Massivstruktur, um einer schiefrigen Platz zu machen. Bei Graniten fehlt durchaus jede Spur von Glas sowohl als Gemengteil, wie als Einschluß in anderen Mineralien u. dergl. Bereiten diese negativen Thatsachen den Vulkanisten gegenüber den Neptunisten nicht geringe Schwierigkeiten, so geschieht dies noch viel mehr durch gewisse positive Erscheinungen, welche gegen den ursprünglich glutflüssigen Zustand dieser Gesteine sehr gewichtig in die Wagschale fallen. Solche sind neben mehreren anderen weniger auffallenden Erscheinungen das Vorkommen von Quarz und der Wasser- und Kohlensäuregehalt in manchen dieser Gesteine. Daß wir hier Thatsachen gegenüberstehen, für welche wir nun einmal keine Erklärung wissen, ohne daß sie deshalb als Gegenbeweise gegen die pyrogene Natur eines Gesteines ein- für allemal gelten können, wurde schon oben erwähnt. Nichts desto weniger hat man für jene Gesteine, in welchen Quarz mit zahlreichen Flüssigkeitseinschlüssen eine so hervorragende Rolle spielt, einen etwas modifizierten Schmelzfluß annehmen zu müssen geglaubt, indem man dem Wasser einen hervorragenden Anteil an ihrer Bildung eingeräumt hat. Besonders sind es die Erscheinungen am Granit und seine Kontaktbildungen, welche eine sogenannte hydato-pyrogene Entstehung wahrscheinlich machen. Nach dieser Erklärungsweise wäre das Wasser in überhitztem Zustande oder in Dampfform dem Gesteinsmagma beigemengt gewesen und hätte bei der Abkühlung als Minerallösungsmittel gedient. Das dadurch entstandene Magma wäre sonach als eine Art heißen wässerigen Breies zu denken, dessen Temperatur, wie aus den Kontakterscheinungen zu schließen ist, eine nicht eben bedeutend hohe gewesen sein dürfte. Dadurch wird nicht bloß die Ausscheidung von Quarz mit seinen Flüssigkeitseinschlüssen, sondern vorzüglich auch der Umstand erklärlich, daß viele Sedimentärgesteine im Kontakt mit Eruptivgesteinen (z. B. mit Granit) zahlreiche fremde Mineralien in Krystallform eingeschlossen enthalten, deren Substanz wahrscheinlich in wässeriger Lösung von den Eruptivmassen her in sie eingedrungen ist.

Bunsen machte mit Rücksicht auf die eigentümliche Erstarrungsfolge der Mineralien (vgl. S. 27), welche sich auch hier

sehr häufig zeigt, darauf aufmerksam, daß ein Körper für sich allein und mit anderen gelöst nicht dieselben Löslichkeisverhältnisse zeigt; ebenso ist dies in Schmelzflüssen der Fall, welche nicht wesentlich von Lösungen sich unterscheiden. Allbekannt ist in dieser Hinsicht die merkwürdige Eigenschaft der Legierungen. So schmilzt das sogenannte *Rosesche Metall*, welches aus zwei Teilen Wismut, einem Teil Blei und einem Teil Zinn besteht, schon bei 94° C., während Wismut für sich erst bei 270° C., Blei bei 334° C. und Zinn bei 235° C. schmilzt. Aehnliche Eigentümlichkeiten über den Schmelzpunkt von Silikaten hat Daubrée bei der Einwirkung überhitzten Wassers auf geschmolzene Gesteine beobachtet.

b) Die Sedimentgesteine.

264. **Kennzeichen der Sedimentgesteine.** Sedimentäre Gesteine geben sich zumeist zweifellos als solche durch folgende Merkmale zu erkennen:

1. Besitzen sie gewöhnlich *deutliche Schichtung*.
2. Enthalten sie oft Tier- und Pflanzenreste in Abdrücken oder als *Versteinerungen* (Petrefakten).
3. Umschließen sie nicht selten abgerundete Rollstücke in solcher Lage, wie sie nur bei sedimentärem Absatze denkbar ist.

Andere, jedoch seltenere, Kennzeichen sind Wellenfurchen, Regentropfen, Tierfährten u. dergl.

265. **Material.** Daß das Baumaterial der klastischen Gesteine aus der durch Wasser und Atmosphärilien mechanisch und chemisch bewirkten Zertrümmerung und Zersetzung älterer Gesteine stamme, wurde bereits früher erwähnt. Aber auch das Material für den Absatz krystalliner Sedimentgesteine (z. B. der Kalksteine) dürfte seinen Ursprung der auflösenden Kraft kohlensäurereicher Gewässer auf die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde und auf ältere Eruptivgesteine verdanken. Das Material vieler jüngerer Sedimentgesteine stammt auch von älteren sedimentären Gesteinen.

266. **Mechanischer und chemischer Absatz.** Mehr oder weniger zerkleinerte Bruchstücke älterer Gesteine, die von den strömenden Gewässern in Seen oder in das Meer geführt wurden, sanken dort nieder und wurden teils unter Wasser, teils erst nach ihrer Trockenlegung infolge von Hebung oder Abfluß der Gewässer durch ein Zement fest verkittet. Manche Gesteine (Thonsteine, Sandsteine, Breccien, Konglomerate) entstanden also durch rein *mechanische* Vorgänge.

Andere aber, deren Material ursprünglich gelöst war, verdanken ihr Dasein einem chemischen Prozesse, indem sich die gelösten Substanzen infolge irgend eines uns nicht immer bekannten und erkennbaren Vorganges, z. B. durch Verdunstung des Lösungsmittels, durch Abkühlung desselben, wodurch seine lösende Kraft geringer wurde, Druckveränderungen, Einwirkung einer andern Lösung, wodurch eine unlösliche Verbindung entstand u. dergl., aus der Lösung im festen Zustande ausschieden. Manchmal läßt sich bei diesen Vorgängen die Mitwirkung organischer Wesen (Kalkstein) nicht verkennen. Außerdem giebt es noch Gesteine, welche wahrscheinlich durch Verknüpfung beider Arten, der chemischen und mechanischen, entstanden sind (Thonschiefer).

267. **Bildung der klastischen Gesteine.** Das Material der klastischen Gesteine stammt teils von eruptiven, teils von älteren sedimentären Gesteinen, welche, durchzogen von zahlreichen Spalten, infolge der Verwitterungsvorgänge zerbröckelt wurden. Die scharfeckigen Bruchstücke, aus welchen der oft in ungeheuren Massen auf Hochgebirgen ausgebreitete Schutt besteht, wurde nun entweder ohne weiteres, oder nachdem ihn Gletscher in weite Fernen getragen hatten, durch einsickerndes Zement zu Breccien verkittet, oder die abfließenden Gebirgswasser führten denselben mit sich fort, wobei die eckigen Bruckstücke in abgerundete Gerölle umgewandelt wurden und zugleich feiner Sand und Schlamm entstand. Selbstverständlich wird letzterer am weitesten getragen, mehr gegen die Ursprungsstelle hin setzt sich Sand und noch früher das grobe Gerölle ab. Die Verkittung wird entweder durch fein zerriebenes Material (sandiges und thoniges Zement) oder durch im Wasser gelöste Stoffe (kalkiges und kieseliges Bindemittel) bewirkt. Die Erhärtung erfolgt dann nach Entfernung des Wassers und mag oft lange Zeiträume gebraucht haben. In dieser Weise sind Breccien und Konglomerate, Sandsteine und Thonsteine entstanden, ihren allmählichen Verfestigungsprozeß können wir meist noch vor unseren Augen beobachten.

268. **Bildung der krystallisierten Sandsteine, Thonschiefer und Schieferthone.** Da gewisse Sandsteine (vgl. S. 119) fast nur aus Quarzkörnern oder mehr oder weniger entwickelten Quarzkrystallen mit sehr untergeordnetem, oft ganz verschwindendem Bindemittel bestehen, da man ferner in allen Thonschiefern und Schieferthonen neben den zweifellos klastischen Elementen deutliche krystalline Aus-

scheidungen findet, so kann man annehmen, daß bei der Bildung dieser Gesteine neben dem mechanischen Absatz von Gesteinsmaterial auch eine chemische Ausscheidung aus Lösungen erfolgt sei.

Da die krystallinen Beimengungen in den Thonschiefern um so seltener werden, je jünger diese Gesteine sind, so hat auch die Annahme, diese krystallinen Ausscheidungen seien Produkte beginnender Metamorphose, also metasomatische Bildungen, ihre Berechtigung.

269. **Entstehung der krystallinen Schiefer.** Die krystallinen Schiefer, Gneis, Glimmerschiefer, Phyllite, zeigen in der Regel eine deutliche Schichtung und müssen — wo nicht eine andere Entstehungsweise zweifellos festgestellt werden kann — als sedimentäre Gesteine angesehen werden. Der Streit aber, ob sie aus ursprünglich echt klastischen Gesteinen durch Metamorphose (vergl. Nr. 285—287) hervorgegangen, oder ob sie schon ursprünglich krystallin, so wie sie sind, abgesetzt worden, ist noch nicht entschieden.

Man kann die vielen über die Bildungsweise der krystallinen Schiefer ausgesprochenen Ansichten mit Zirkel in folgende Gruppen bringen. Hiernach sind sie:

I. Ursprüngliche Bildungen, und zwar als:
   1. Ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde.
   2. Anderweitige Erstarrungsmassen von eruptiver oder intrusiver Art.
   3. Echte Sedimente, nämlich als:
      a) verfestigter Detritus von Eruptivgesteinen,
      b) verfestigte Tuffe von Eruptivgesteinen,
      c) chemische Ausscheidungen aus überhitztem Wasser,
      d) mechanische, durch unmittelbare Diagenese modifizierte Sedimente.

II. Umwandlungsprodukte (metamorphischer Art), und zwar:
   1. Umgewandelte Sedimente; die Umwandlung sei bedingt worden durch:
      a) die Wirkungen der innern Erdwärme,
      b) hydrochemische Einflüsse gewöhnlicher Art,
      c) durch tektonische Einflüsse, durch Dislokationsmetamorphismus.
   2. Eruptivmassen, umgewandelt durch den Dislokationsmetamorphismus.

Die unter I_1 angeführte Annahme ist schon alt, wurde dann fast ganz verlassen und hat in neuerer Zeit, wenigstens soweit es sich um den Gneis handelt, wieder einige Anhänger gefunden.

I_2 wird nur für gewisse vereinzelnte Vorkommnisse aufrecht erhalten.

I_3 a und b scheint heute vollständig aufgegeben zu sein.

Auch I_3 c und d hat sich nicht viele Anhänger erworben. Für den letzteren Punkt ist Gümbel bis in die neueste Zeit eifrigst eingetreten.

Nach diesem Forscher hätte man sich das ursprüngliche Sediment als einen nicht individualisierten Brei, einen Schlamm, eine Art wässerigen Magmas vorzustellen, in welchen nach und nach durch einen „Diagenese" genannten Prozeß die gleichartigen Moleküle sich zu Krystallen gruppierten. Durch diese Hypothese sollen die meisten Thatsachen (Schichtung, allmählige Abnahme der Krystallinität von unten nach oben, Aehnlichkeit der ältesten Eruptivmassen in mineralogischer Hinsicht mit den krystallinen Schiefern u. dergl. m.) in befriedigender Weise erklärt werden, während anderseits eigentlich keine gegen sie spräche.

Dagegen finden die Lehren von der metamorphen Natur der krystallinen Schiefer (II) viele Anhänger. Die hierhergehörigen Lehren finden in dem Kapitel „Allgemeiner Metamorphismus" eine kurze Erwähnung. Hier mag nur hervorgehoben werden, daß sich noch keine dieser Hypothesen allgemein hat Eingang verschaffen können.

270. Entstehung der Kalksteine. Die Kalksteine sind im allgemeinen auf sehr verschiedene Weise entstanden.

Der krystalline Kalk kann vielleicht aus wässerigen Lösungen auf chemischem Wege niedergeschlagen worden sein, ohne daß uns die näheren Umstände dieses Vorganges bekannt und erklärlich wären. Einige Anhaltspunkte darüber geben die Lagerungsverhältnisse. Viele krystalline Kalksteine sind übrigens im Kontakt mit Eruptivgesteinen aus dichtem Kalksteine durch Metamorphose (vergl. S. 223) oder durch andere umwandelnde Agentien hervorgegangen. Daß die krystallinen Kalke durch Umwandlung aus Kreide entstanden seien, wird behauptet, ist aber nicht recht wahrscheinlich.

Für die dichten Kalksteine nimmt man die Beihilfe von Organismen in Anspruch, deren Schalen man sehr häufig mit freiem Auge oder bei mikroskopischer Untersuchung im Kalkstein findet (Nummulitenkalk, Lumachelle), wobei zugleich eine direkte Ausscheidung aus dem Wasser mitgewirkt hat, wie die deutlichen krystallinen Elemente, welche sich neben jenen finden, beweisen.

Wahrscheinlich waren es ursprünglich zusammengeschwemmte Partikelchen der Schalen organischer Wesen, also eine Art organogenen Kalkschlammes, mit welchen sich direkte Kalkausscheidungen mischten. Die Ausscheidung von gelöstem Kalke wird durch Verdunstung des Wassers ermöglicht. Dabei braucht nicht angenommen zu werden, daß das ganze Meer bis zu jenem Konzentrationsgrade, bei welchem sich Kalk ausscheiden kann, verdunsten muß; denn das sehr viel kohlensauren Kalk enthaltende Flußwasser schwimmt, da es leichter als Meerwasser ist, längere Zeit auf der Oberfläche dieses letzteren und mischt sich erst allmählich durch Diffusion mit demselben. Wenn nun die Diffusion zwischen den obenschwimmenden Flußwasser und dem tieferen Meerwasser nicht größer ist als die Verdunstung, so ist es nicht unmöglich, daß, wenigstens an den Küsten, kohlensaurer Kalk direkt abgeschieden wird. Die Wirksamkeit der tierischen Organismen besteht in der Fähigkeit, zur Bildung ihrer Schalen kohlensauren Kalk aus den im Meerwasser gelösten Kalksalzen, von denen in größeren Entfernungen von den Küsten besonders schwefelsaurer Kalk zu nennen ist, auszuscheiden. (Vergl. übrigens das Kapitel „Zoogene und phytogene Gesteine“ Nr. 274, 275.)

Der erdige Kalkstein. Daß die Kreide durch tierische Thätigkeit (Protozoen) entstanden ist, wird nicht bezweifelt, wenn auch das Nähere des Vorganges, wie aus dem schwefelsauren Kalke des Meeres kohlensaurer Kalk der Schalen entsteht, nicht genau bekannt ist.

Die oolithischen Kalksteine werden in der Regel als ursprüngliche Ausscheidungen ohne oder mit Beihilfe von Organismen (z. B. von Algen, Sphärocodium Bornemanni) vielleicht auch aus heißen Quellen (nach Art des Karlsbader Sprudelsteins) angesehen. Andere halten sie auch für Ausfüllungen von Zellräumen oder Eiern. Den ersten Anstoß zur Bildung der Oolithe hat in der Regel ein organisches oder anorganisches Körnchen, das man gewöhnlich noch im Zentrum der Oolithe findet, gegeben. Vergl. auch Nr. 127 und 170.

Die Mergel als mit Thon verunreinigte Kalke schließen sich in ihrer Bildung diesen an; werden sie dagegen als kalkreiche Thone angesehen, so fällt ihre Bildung natürlich mit jener der letzteren Gesteine zusammen.

Der sogenannte Zellenkalk ist durch Einwirkung kohlensäurereicher Gewässer, welche Kalk aufgelöst enthielten, auf Kalksteine entstanden. Durch dieselben wurden entweder die Spalten

mit krystallinem Kalk ausgefüllt oder es wurden Kalksteinbrocken durch sie verkittet. Spätere Auslaugungsprozesse trafen mehr den älteren Kalk, während der jüngere Kalk als Wand zwischen den Höhlungen zurückblieb.

Kalksinter und Kalktuff hat sich, wie es noch vor unseren Augen geschieht, aus Quellen, welche viel kohlensauren Kalk aufgelöst enthalten, abgeschieden.

271. **Bildung von Dolomit.** In Bezug auf die Bildung von Dolomit gehen die Ansichten bis jetzt noch ziemlich auseinander. Obwohl es noch nicht gelungen ist, experimentell aus wässerigen Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur Dolomit abzuscheiden, ist es nicht ganz unmöglich, daß sich Dolomit, ähnlich wie Kalkstein, direkt abgeschieden habe. Die Mehrzahl der Forscher neigt sich zur Ansicht, daß Dolomit aus Kalkstein hervorgegangen sei. Demnach wäre er ein metamorphes Gestein; er findet als solches im folgenden Abschnitt noch einmal Erwähnung.

272. **Entstehung der Steinsalzlager.** Die jetzigen offenen Meere enthalten durchschnittlich 3,5 % Salze in Lösung, deren größter Teil Chlornatrium ist. Da dieser Salzgehalt weit unter dem Sättigungspunkte liegt und das verdunstende Wasser stets wieder durch Zuflüsse ersetzt wird, so kann sich aus einem offenen Meere nie Salz ablagern. Die Bedingungen zu einem solchen Absatze sind nur in einem Binnenmeere, in Salzseen (z. B. im „Toten Meere“) oder in einem Meerbusen, der in seinem unteren Teile durch eine Barre vom offenen Meere abgetrennt ist, gegeben. Hier sinkt die durch die Zuflüsse gespeiste und durch Verdunsten mehr und mehr gesättigte und daher schwerere Sole zu Boden, so daß sich in den Tiefen nach vollständiger Sättigung das Salz ausscheiden muß. Enthalten die Gewässer neben Chlornatrium andere Chloride und schwefelsauren Kalk gelöst, so muß sich dieser letztere, da für ihn der Sättigungspunkt früher eintritt, zuerst abscheiden; erstere, als leichter lösliche Salze, bilden über dem abgeschiedenen Kochsalze eine Mutterlauge, welche, je konzentrierter sie wird, desto mehr die Abscheidung von Kochsalz fördert, da die Löslichkeit desselben in einer Lauge um so geringer wird, je mehr Salze diese schon gelöst enthält. Ist der Zufluß in einem Binnenmeere geringer als die Verdunstung, so wird ein allmähliches Austrocknen desselben erfolgen, so daß sich schließlich auch die übrigen Chloride ($MgCl_2$, KCl rc.) über dem Steinsalzlager als sogenannte Abraumsalze absetzen können. Ein normales Steinsalzlager enthält also Gips und

Anhydrit im Liegenden, die Abraumsalze im Hangenden. Dem Lager eingefügte parallele Schichten von Kalk und Thon dürften davon herrühren, daß dem Meere durch die größeren Zuflüsse im Frühjahre mehr thonige und kalkige Verunreinigungen zugeführt wurden. Das Steinsalzlager von Staßfurt bei Magdeburg ist ein ausgezeichnetes Beispiel für die oben geschilderte Bildungsweise von Steinsalzlagern*).

Dem Steinsalze und dem damit verbundenen Gips und Anhydrit schrieb man früher wegen des häufigen stockförmigen Auftretens wohl auch eine eruptive Entstehung zu.

273. **Gips und Anhydrit.** Nach dem Gesagten ist über die Bildung von Gips und Anhydrit wenig hinzuzufügen. Warum sich aus schwefelsauren Kalklösungen das Sulfat bald als Gips bald als Anhydrit abscheidet, ist noch nicht genügend erklärt. Wahrscheinlich sind Druckverschiedenheiten (experimentell wurde festgestellt, daß sich Anhydrit bei 10 Atmosphären Druck aus Lösungen abscheidet), oder der Einfluß anderer Stoffe, welche dem sich ausscheidenden Sulfate das Wasser entziehen, die Ursachen. Daß sich Gips auch aus Quellen absetzen kann, so wie daß er aus Anhydrit durch Wasseraufnahme hervorgeht, wurde an anderer Stelle schon erwähnt. Aus kohlensaurem Kalke geht in vulkanischen Gegenden wohl auch Gips durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure hervor.

274. **Phytogene Gesteine.** Erdöl, Torf und Kohlen sind, wie schon früher erwähnt, aus der Zersetzung von Pflanzen hervorgegangen. Als Zersetzungsprodukte organischer Körper treten neben Ammoniak und Schwefelwasserstoff vorzüglich Kohlensäure und eine Reihe von Kohlenwasserstoffverbindungen in Gasform auf. Da dieselben verhältnismäßig mehr Sauerstoff enthalten, als die organischen Verbindungen, aus deren Zersetzung sie hervorgegangen, so folgt, daß bei ungenügender Sauerstoffzufuhr von außen derselbe vorwiegend dem sich zersetzenden organischen Körper entzogen wird, was eine Anreicherung des Rückstandes mit Kohlenstoff zur Folge hat. Dieser Verkohlungsprozeß vollzieht sich im großen noch vor unseren Augen in den Torflagern und hat sich, solange Pflanzen auf Erden lebten, und besonders in gewissen Formationen in noch viel großartigerem Maßstabe vollzogen. Die verschiedenen Stadien

*) Vergl. F. Bischof die Steinsalzwerke bei Staßfurt 2. Aufl. Halle 1875.

dieses Prozesses von beginnender Zersetzung (Torf) durch alle Mittelglieder hindurch (Braunkohlen, Steinkohlen) bis zur Herstellung reinen Kohlenstoffes (Anthracit, Graphit) finden wir naturgemäß von den jüngsten Ablagerungen hinab bis zu den ältesten Formationen entwickelt. Das Material gehört, da die Pflanzenwelt in anderen geologischen Perioden eine andere war, verschiedenen Pflanzengruppen an. So dürften es vorzüglich Algen gewesen sein, aus welchen Graphit und Anthracit hervorgegangen; zur Bildung der Steinkohlen der Karbonformation trugen vorwiegend Gefäßkryptogamen bei; die jüngere Steinkohle (der Kreide) baute sich aus verwesten Resten von Koniferen, die Braunkohle aus solchen von Koniferen, Palmen und Laubhölzern auf; an der Torfbildung nehmen neben zahlreichen anderen Pflanzenfamilien besonders gewisse Moose (Sphagnumarten) hervorragend Anteil. In manchen Formationen, so besonders in der alpinen Trias, im Pariser Grobkalke, haben gewisse, kalkabsondernde Algen (Gyroporellen, Daktyloporen, Lithothaminen) auch einen hervorragenden Anteil an der Kalksteinbildung. Aus Kieselalgen bestehen Tripel, Polierschiefer, Bergmehl, Kieselgur u. a. Auch sind dieselben vielen Kalksteinen beigemengt.

Die neueren Tiefseeuntersuchungen haben aus den größten Tiefen der Ozeane einen durch Eisenoxyd (und Manganhyperoxyd) rot gefärbten Schlamm (Tiefseeschlamm) zu Tage gefördert, welcher neben mineralischen Partikelchen, wahrscheinlich vulkanischen Ursprungs, reichlich Diatomeengehäuse (auch Radiolarien- und Spongiennadeln) enthält und in allen geologischen Perioden zur Gesteinsbildung wesentlich beigetragen hat.

275. **Zoogene Gesteine.** Wie schon bei der Besprechung der Entstehung des Kalksteines erwähnt wurde, nehmen an dessen Bildung tierische Organismen nicht unerheblich Anteil. Ja gewisse mitunter sehr mächtige Kalkablagerungen verdanken vor allem tierischer Thätigkeit ihr Dasein. Es mögen hier außer der Kreide noch einige der wichtigeren Kalksteine aufgeführt werden. Aus Foraminiferenschalen bauen sich die Nummuliten-, Milioliten- und Fusulinenkalke auf; durch die Thätigkeit der Polypen entstand der sogenannte Korallenkalk (Jura in Schwaben und England); von Mollusken stammen die Terebrateln- und Gervillienkalke der Trias, die Cerithien- und Litorinellenkalke des Tertiär und viele andere. Auch Wirbeltiere haben zur Bildung von Gesteinschichten durch ihre Skelette beigetragen. So besteht das sogen. Bonebed der obersten Trias aus Knochen von Sauriern und Ganoidfischen.

Die Knochenbreccien setzen sich größtenteils nur aus Knochen von Säugetieren (Höhlenbär) zusammen, doch besitzen letztere gegenüber den Kalkablagerungen, welche andere Tiergruppen geschaffen haben, eine nur untergeordnete Verbreitung.

Die meisten jener Prozesse gehen noch vor unseren Augen vor sich (Korallen= und Austernbänke) und müssen wohl immer vor sich gehen, wenn überhaupt unsere Meere Tieren zum Aufenthalt dienen sollen. Denn würden jene Tiere nicht die Fähigkeit besitzen, aus dem Wasser den Kalk auszuscheiden, so würden infolge der steten Zufuhr die Meere mit der Zeit derart mit Kalksalzen gesättigt sein, daß in ihnen organisches Leben unmöglich wäre. Jene Tiere haben daher im Wasser eine ähnliche Aufgabe wie die Pflanzen in der Luft, durch welche der durch den tierischen Lebensprozeß und andere Verbrennungen der Luft als Kohlensäure zugeführte Kohlenstoff in den Kreislauf des organischen Lebens stets wieder zugeführt wird.

In geringeren Tiefen des Meeres trifft man in großer Ausdehnung einen weichen hellgefärbten Schlamm, der wesentlich aus Foraminiferengehäusen, vor allem aus solchen der Gattung Globigerina (daher „Globigerinenschlamm") besteht; beigemengt sind Diatomeengehäuse, Radiolarien= und Spongiennadeln und Partikelchen vulkanischer Aschen. Man glaubt mit Grund, daß ein großer Teil unserer dichten Kalke aus solchem Tiefseeschlamm hervorgegangen ist.

III. Metamorphose der Gesteine.

276. **Erklärung.** Unter Gesteinsmetamorphose versteht man die Umwandlung eines bereits festgewordenen Gesteines, infolge welcher sein Bestand entweder vollständig oder teilweise, häufig auch seine Struktur geändert wurde. Die Ursachen derselben können verschieden sein, hauptsächlich sind es die Atmosphärilien, das Wasser, hohe Temperaturen und Druck, welche solche Veränderungen an Gesteinen hervorrufen. In gewissem Sinne kann jedes Gestein als umgewandelt angesehen werden, da sich der Einfluß einiger dieser Agentien in jedem mehr oder weniger nachweisen läßt. Doch pflegt man gewöhnlich die Folgen jener stets wirkenden Ursachen, wie Sickerwasser und Atmosphärilien, welche alle Gesteine in größerem oder geringerem Grade an sich tragen, so zu sagen den „Zahn der Zeit", welchen man an Gesteinen so gut, wie an allen irdischen Körpern erkennt, nicht als metamorphische Wirkungen, sondern als

Verwitterung zu bezeichnen. Metamorphische Gesteine im eigentlichen Sinne sind solche, bei welchen eine ganz spezifische Ursache eine Veränderung des Bestandes oder der Struktur oder beider zugleich hervorgerufen hat, so daß das Gestein ein wesentlich anderes geworden ist. In der Regel ist damit ein sogenanntes Umkrystallisieren, ein Krystallinischwerden ursprünglich amorpher oder klastischer Gesteine verbunden. Gewöhnlich haben die genannten Ursachen nur lokal auf ein Gestein oder eine Gesteinspartie gewirkt, so daß man ursprüngliches und umgewandeltes Gestein nebeneinander hat. Diese Art der Umwandlung kann daher wohl als lokaler Metamorphismus bezeichnet werden im Gegensatze zu einem allgemeinen Metamorphismus, welchem weit ausgedehnte Gesteinsmassen (die krystallinen Schiefer) ihren gegenwärtigen Zustand verdanken sollen.

a) Verwitterung.

277. **Verwitterung der Mineralien.** Es kann hier selbstverständlich nicht auf die zahlreichen Umwandlungen der Mineralien durch die früher erwähnten Einflüsse eingegangen werden. Es sollen hier nur einige für die Gesteinsverwitterung besonders wichtige Beispiele derartiger Vorgänge erwähnt werden. Manche Mineralien, welche, wie Steinsalz oder Gips, im Wasser löslich sind oder von ihm wenigstens merklich angegriffen werden, verfallen mehr oder weniger der auflösenden Wirkung der atmosphärischen Niederschläge; kohlensäurehaltige Gewässer, welche in den feinen Spalten der Gesteine zirkulieren (Sickerwasser), zeigen dieselbe auflösende Wirkung auf Calcit und Dolomit. Andere Mineralien, wie Eisen- und Manganoxyd, gehen durch Aufnahme von Wasser in Hydrate über, Anhydrit verwandelt sich ebendadurch in Gips, ja selbst scheinbar von Wasser unangreifbare Mineralien, wie gewisse Silikate (Feldspat, Augit, Hornblende, Glimmer), zeigen, wie die Metamorphosen von Kaolin nach Feldspat, Speckstein und Magneteisen nach Glimmer, Serpentin nach Augit und Hornblende, Kalkspat nach Augit u. dgl. a. beweisen, keine vollständige Widerstandsfähigkeit gegen jenes allgemeine Lösungsmittel. Andere Verwitterungen entstehen durch den Einfluß des Sauerstoffes der Luft und des Wassers. So verwandelt sich Spateisenstein (Eisenoxydulkarbonat) durch Wasseraufnahme, Entfernung der Kohlensäure und Oxydation in Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat). Ebenso Manganspat in Pyrolusit. Durch Sauerstoffaufnahme gehen aus den Schwefelmetallen (den

Kiesen und Blenden) schwefelsaure Salze (die Vitriole z. B.) hervor. Gewisse kohlensaure Salze und Metalloxyde gehen ebenfalls durch Oxydation aus Schwefelmetallen hervor. Von besonderer Wichtigkeit für die Verwitterung der Gesteine ist aber die Bildung von kohlensauren Salzen aus Silikaten durch den Einfluß kohlensäurehaltiger Gewässer. So zersetzen sich die Feldspate und besonders leicht die kalkhaltigen triklinen durch Umwandlung der darin enthaltenen Silikate der Alkalien und des Kalkes in Karbonate und allmähliche Auflösung und Fortführung derselben zu Kaolin; Augit und Hornblende zersetzen sich allmählich zu faserigen und schuppigen grünen Massen („chloritische Substanz"). Ein ähnlicher Vorgang, häufig unter Ausscheidung von Eisenoxyd, findet bei Glimmern und bei Olivin statt. Mineralien, welche durch solche Umwandlungen aus andern hervorgehen, nennt man wohl auch epigenetische Bildungen. So epigenisiert sehr häufig das Serpentinmineral den Olivin, die Hornblende, den Augit, Epidot die Hornblende u. dgl. m.

278. **Verwitterung der Gesteine.** Der Grad der Zersetzung der Gesteine ist natürlich ein sehr verschiedener; gewöhnlich bezeichnet man ein Gestein als verwittert erst dann, wenn dieser Zustand bereits makroskopisch bedeutend hervortritt. Unter dem Mikroskope lassen sich beginnende und noch wenig vorgeschrittene Zersetzungserscheinungen fast in allen Gesteinen und oft in allen Uebergangsstadien beobachten. Einfache Gesteine, wie Kalk, Gips, Spateisenstein u. dgl., zeigen im großen, was bereits für die einzelnen Mineralien erwähnt wurde. Oft entstehen dadurch eigentümliche Formen, wie z. B. die sogenannten Zellenkalke, welche schon früher beschrieben und genetisch erklärt wurden. Gemengte krystalline Gesteine zeigen je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Neigung zur Verwitterung. Doch findet man selbst scheinbar so widerstandsfähige Gesteine, wie Granit und Syenit, durch Verwitterung der feldspatigen Gemengteile zu Sand und Gruß umgewandelt. Plagioklasgesteine (Diorit, Diabas, Melaphyr) verfallen der Verwitterung leichter als orthoklasführende (Granit, Syenit, Porphyr). Selbstredend erscheinen die Verwitterungsprodukte vor allem an der Oberfläche und an Spalten der Gesteine und zwar gewöhnlich in Form von zerreiblichen mehligen Ueberzügen, bei eisenreichen Gesteinen besonders häufig als gelbe Krusten von Eisenoxydhydrat (Melaphyr). Eine besondere Neigung zur Verwitterung zeigen die Basalte, deren Zersetzungsprodukt, die Basaltwacke und der Wackenthon, bereits früher eine Besprechung fand. Wie sehr übrigens die besondere

Beschaffenheit des Gesteins und lokale Verhältnisse mitwirken, erkennt man daran, daß Gesteine, wie z. B. Granit, welche unvergleichlich längere Zeiträume den feindlichen Einflüssen ausgesetzt waren, als z. B. Trachyte und Basalte, nahezu unzersetzt neben diesen lokal verwitterten jüngeren Gesteinen vorkommen. Klastische Gesteine zeigen Verwitterungserscheinungen gewöhnlich und begreiflicherweise in noch viel höherem Grade, da ihre Bestandteile oft in sehr kleiner Verteilung den Einflüssen des Wassers und der Luft ausgesetzt waren.

In tropischen Gegenden tritt ein eigenartiges Zersetzungsprodukt, der Laterit, auf. Der Laterit ist ein thonigsandiges, durch Eisenoxyd lebhaft rot gefärbtes, mürbes Gebilde, das sich durch Verwitterung aus verschiedenen Gesteinen bilden kann. In unseren Gegenden findet man mitunter lateritähnliche Verwitterungskrusten auf diluvioglazialen Gebilden (Südfuß der Alpen). Ein ähnliches besonders im Karste verbreitetes Verwitterungsgebilde ist die Terra rossa, ein roter Thon, der bei der Auflösung gewisser Kalke als Rest zurückbleibt.

b) Lokaler Metamorphismus.

279. Dolomitisierung. Daß die Annahme, die Dolomite seien, ähnlich manchen Kalksteinen, ursprünglich aus dem Wasser abgeschiedene Gesteine, ihre Berechtigung habe, wurde früher bemerkt. Besonders gilt dies in jenen Fällen, wo der Nachweis einer Umwandlung aus Kalkstein nicht erbracht werden kann. Für viele Dolomite ist jedoch ein solcher Nachweis wohl möglich, und deshalb müssen sie als metamorphe Produkte angesehen werden. Den Dolomitisierungsprozeß können wir uns auf zweierlei Weise denken. Entweder haben Gewässer, welche Magnesiakarbonat in Lösung enthielten, bei ihrer Einwirkung auf Kalkstein kohlensaure Magnesia abgesetzt und Kalk aufgelöst und fortgeführt, oder es haben kohlensäurereiche Gewässer aus dolomitischem Kalkstein Kalk weggeführt, wodurch der Rückstand magnesiareicher wurde. Dieser letztere Vorgang mußte natürlich eine sehr bedeutende Volumenverminderung zur Folge haben, was nur in einigen Fällen nachweisbar ist. Hierher zu rechnen wären die Zellendolomite und Rauhwacken. Der erstere Fall dürfte der häufigere gewesen sein und fällt besonders dort sehr gut in die Augen, wo ein allmählicher Uebergang von Kalkstein in Dolomit von unten nach oben bemerklich ist.

280. **Serpentinisierung.** Serpentin ist ein metamorphes Produkt aus Olivinfels und anderen olivinführenden Gesteinen. Viele Serpentine zeigen noch Reste von Olivin eingeschlossen, und die mikroskopische Untersuchung teils der Serpentine teils olivinführender Gesteine hat die schon in den dreißiger Jahren auftauchende, in den sechziger Jahren aber ausführlich begründete Lehre, daß der Serpentin ein Umwandlungsprodukt sei, im Laufe der Zeit vollkommen bestätigt. Man kann hier alle Phasen dieses Vorganges Schritt für Schritt verfolgen. Den Beginn einer derartigen Zersetzung zeigt Fig. 25 S. 66, welche einen von einem Netzwerk grüner, faseriger Serpentinmasse durchzogenen Olivinkrystall darstellt. Indem die Serpentinisierung von den Spalten aus mehr und mehr fortschreitet, ergreift sie allmählich den ganzen Krystall, bis endlich nichts mehr als die feinfaserige grüne Serpentinmasse übrigbleibt. Außer den olivinführenden Gesteinen sind auch andere, besonders Augit- und Hornblendegesteine (Diorit, Diabas, grüne Schiefer) durch Entfernung der Kalk- und Eisensilikate und Aufnahme von Wasser der Serpentinbildung unterlegen. Auch andere Silikatgesteine und krystalline Schiefer, sowie manche kieselsäurehaltige Dolomite scheinen durch kohlensaure Magnesialösung einer ähnlichen Umbildung zugänglich.

281. **Andere Umwandlungen.** In der Nähe von Vulkanen, wo häufig Ausströmungen verschiedener G a s e, wie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure u. dgl., stattfinden, sind besonders durch den Einfluß der letzteren, zu Schwefelsäure oxydierten Gase zahlreiche und verschiedene Gesteine umgewandelt worden. Besonders bemerkenswerte Beispiele sind die Bildung von Gips aus Kalkstein und die Umwandlung trachytischer Gesteine und Tuffe zu Alaunstein und ähnlichen Produkten.

Andere Umwandlungen schreiben sich von sogenannten E r d - b r ä n d e n, Kohlenbränden, her. Kohlenflöze, welche aus irgend welchem Grunde in Brand geraten, verändern darüber- und darunterliegende Gesteine in der mannigfachsten Weise. Diese erscheinen infolge der hohen Temperatur, welche durch solche Brände erzeugt wurde, gefrittet, verschlackt, rotgebrannt. Ein Beispiel hierfür bietet der sogenannte Porzellanjaspis, welcher nichts anderes ist als ein oft in den buntesten Farben gestreifter und gefleckter, rotgebrannter Thon.

282. **Kontaktmetamorphose.** Es ist von vornherein zu erwarten, daß die hohe Temperatur geschmolzener Gesteinsmassen nicht ohne Einfluß auf das Nachbargestein geblieben ist. In der

That findet man auch Gesteine, welche von Eruptivgesteinen durchbrochen wurden, und die von letzteren eingeschlossenen Bruchstücke der durchbrochenen Gesteine an ihrer Oberfläche und bis zu verschiedener Tiefe angeschmolzen, verglast, gefrittet, rotgebrannt. Kohlen wurden im Kontakt mit ihnen verkokt, d. h. zu Coaks umgewandelt; an anderen Stellen beobachtet man Sedimentärgesteine, welche im Kontakt mit Eruptivgesteinen zerklüftet, säulenförmig abgesondert sind und andere ähnliche Erscheinungen zeigen, die nur durch die glutflüssige Masse des Eruptivgesteins hervorgebracht worden sein können.

Jüngere Laven und Basalte zeigen dergleichen Kontaktwirkungen in der Regel, weniger häufig treten diese Erscheinungen bei Trachyten und Phonolithen, noch spärlicher bei älteren Eruptivgesteinen, wie bei Melaphyren und Porphyren, auf. Bei Granit und Syenit wurden sie bisher noch gar nicht nachgewiesen.

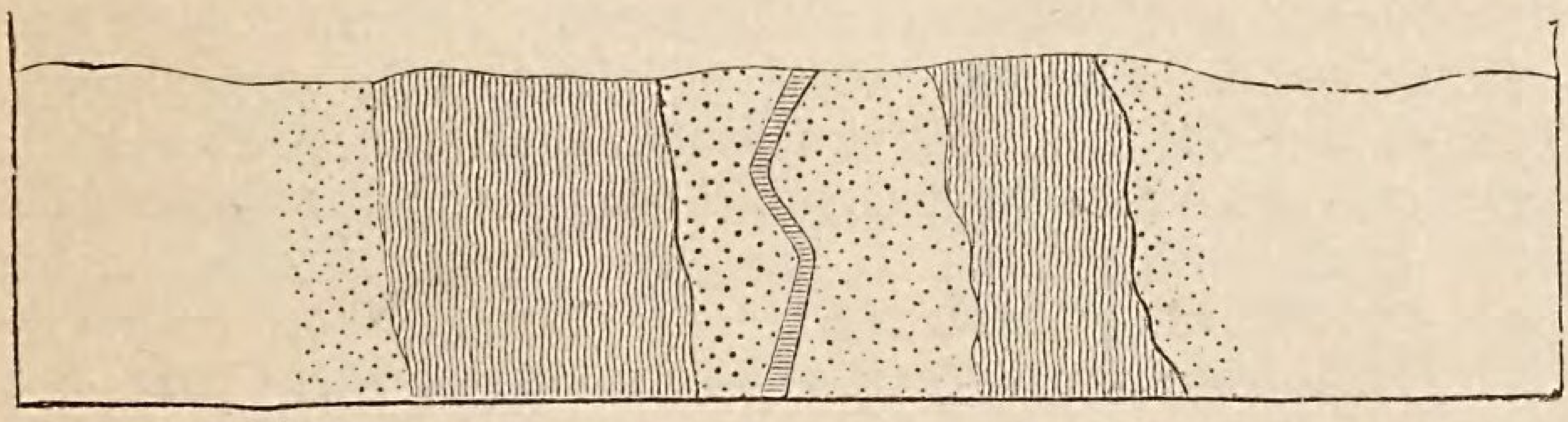


Fig. 85.

Bei den letzteren Gesteinen sowie auch zuweilen bei den ersteren ist dagegen eine andere Kontaktwirkung nicht selten, welche übrigens ebenfalls auf höhere Temperaturgrade zurückgeführt wird, nämlich die Umwandlung von dichtem Kalkstein in krystallinen Marmor, in der Weise, daß von der Kontaktstelle aus die Wirkung oft mehrere Meter weit bemerklich ist, allmählich an Intensität abnimmt und endlich ganz verschwindet. Ein instruktives Beispiel hierfür giebt die obenstehende Fig. 85, welche eine derartige Wirkung von Basaltgängen auf Kreide darstellt. Die Punkte lassen die Ausdehnung der Kontaktwirkungen erkennen; die Entfernung zwischen den beiden größeren Gängen beträgt 12 m.

Als hydatothermisch wird eine weitere Art der Kontaktwirkung bezeichnet, welche besonders an Kalkstein, Thonschiefer u. dergl. im Kontakt mit älteren Eruptivgesteinen (Granit, Syenit rc.) nicht selten auftritt. Die genannten nichtkrystallinen Gesteine erscheinen

im Kontakt mit Eruptivgesteinen nicht bloß in krystalline umgewandelt, sondern außerdem noch mit vielen fremden Mineralien, wie Granat, Hornblende, Epidot, Spinell, Glimmer u. a. erfüllt, welche wahrscheinlich wässerigen, vom Eruptivgestein aus durch seine Spalten des Nebengesteins eingedrungenen Lösungen ihr Dasein verdanken. Derartige Verhältnisse können in sehr schönen Beispielen in Predazzo (Südtirol) studiert werden, wo triassischer Kalk durch Monzonit bis zu 3 m Entfernung in dieser Weise umgewandelt wurde.

283. **Kontaktzonen der Schiefer.** Eine besonders charakteristische Umwandlung zeigen Thonschiefer in Berührung mit Granit. Man kann hier eine allmähliche Abnahme der Wirkung des Eruptivgesteins mit der Entfernung von diesem erkennen. Unmittelbar an der Kontaktstelle sind die Schiefer in ein vollständig krystallines Gestein, in Hornfels, umgewandelt. In größerer Entfernung tritt allmählich die Schieferstruktur mit Beibehaltung des krystallinen Charakters, eine Art Glimmerschiefer, mehr und mehr hervor, zugleich aber beobachtet man zahlreiche Konkretionen in Form von größeren oder kleineren Knoten eingestreut, welche sich auch noch in immer mehr abnehmenden Dimensionen bis hinaus in den sonst unveränderten Thonschiefer fortsetzen. Es lassen sich daher drei Zonen von der Kontaktstelle nach außen unterscheiden: 1. die Zone der Hornfelse, 2. die Zone der Knotenglimmerschiefer, 3. die Zone der Knotenschiefer. Diese Zonen lassen sich manchmal rings um das Eruptivmassiv verfolgen und erstrecken sich zuweilen über mehrere 1000 m (!) von der Berührungsstelle in den Schiefer hinein.

Betrachtet man die große Ausdehnung solcher Kontaktwirkungen an manchen Stellen, so fällt es um so mehr auf, daß anderswo durchaus keine Einwirkung auf das durchbrochene Gestein zu bemerken ist, ja selbst eingeschlossene Schieferstücke von ganz geringen Dimensionen, welche, wenn die Temperatur des Eruptivgesteins eine so hohe war, daß es so kolossale Wirkungen, wie die eben erwähnten, hervorgebracht haben kann, total geschmolzen sein müßten, kaum die leiseste Spur einer Hitzewirkung an sich tragen. Wir stehen hier, wie anderswo, vor Rätseln, deren Lösung einer vielleicht noch sehr fernen Zukunft vorbehalten ist.

In Berührung mit Basalt und verwandten jüngeren Eruptivgesteinen zeigen Thonschiefer und Mergel öfter eine Umwandlung in harte gebänderte Gesteine (Basaltjaspis, Bandjaspis).

In Berührung mit Diabas gehen Thonschiefer in sogenannten Spilosit über, d. h. es treten in ihnen ähnlich wie in den Knotenschiefern zahlreiche dunkle Körner und Flecken auf. Aehnliche, aber gebänderte Kontaktschiefer hat man Desmosit genannt.

c) Allgemeiner Metamorphismus.

(Regionalmetamorphismus.)

284. Erklärung. Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß die krystallinen Schiefer zweifellos sedimentäre Gebilde seien, und dabei angeführt, daß jedoch die Frage offen stände, ob man sie als ursprüngliche oder als metamorphe Gesteine ansehen soll. Diejenigen Geologen, welche in ihnen ursprüngliche Bildungen sehen, gehen in ihren Ansichten über die besonderen Umstände, unter denen sie entstanden seien, weit auseinander. Wir haben oben die hauptsächlichsten Auffassungen angeführt und im besonderen auf die von Gümbel vertretenen Anschauungen hingewiesen.

In neuerer Zeit haben die Lehren von einer allgemeinen Metamorphose wieder mehr Anhänger gefunden. Wie ebenfalls bereits oben erwähnt wurde, kann man die hierhergehörigen Lehren in drei Gruppen bringen. Die Metamorphose kann nämlich bewirkt worden sein durch die innere Erdwärme, anogener Metamorphismus, oder durch einsickerndes Wasser, katogener Metamorphismus, oder endlich durch mechanische Einwirkungen, Dislokationsmetamorphismus. Wahrscheinlich haben jeweilig mehrere dieser Ursachen gewirkt.

285. Plutonischer (anogener) **Metamorphismus.** Die erste der obengenannten Hypothesen für eine Umwandlung der krystallinen Schiefer nimmt an, daß aus dem Wasser abgesetzte Thon- und Sandsteine durch Einwirkung der Erdwärme mit Hilfe von Wasser und aufsteigenden Gasen und unterstützt durch den Druck der darüberliegenden Gesteinsmassen in abnehmender Progression von unten nach oben umgewandelt und krystallin geworden seien. In großen Tiefen mußte notwendig eine Schmelzung der Gesteinsmassen erfolgen; das Hervortreten dieser geschmolzenen Massen durch Spalten der Schichten hat die Granite und Syenite geschaffen. Demnach wäre erklärlich, warum die untersten Schichten die Umwandlung zeigen, während jüngere, höher gelagerte noch ihre ursprüngliche Beschaffenheit bewahrt haben. Beweis für die Richtigkeit der Ansicht sei der allmähliche Uebergang zwischen den krystallinen Schiefern und den klastischen Gesteinen, der manchmal beobachtet werden kann, und die Analogie der Kontaktmetamorphose. Unerklärlich bleibt jedoch durch diese Lehre die Thatsache, daß nicht selten krystalline Schiefer auf vollständig intakten, keine Spur jener

Umwandlung zeigenden, Versteinerungen führenden, sedimentären Schichten auflagern. Auch darf nicht übersehen werden, daß, selbst für den Fall, als die Möglichkeit einer solchen Umwandlung auf das exakteste nachgewiesen würde (was bisher noch nicht geschah), daraus noch lange nicht die Wirklichkeit eines solchen Vorganges folgen würde.

286. **Hydrochemischer** (katogener) **Metamorphismus.** Im Gegensatz zu dieser Ansicht nimmt die zweite Hypothese eine Einwirkung von oben als Ursache der Umwandlung zu Hilfe. Es ist schon früher gezeigt worden, daß die atmosphärischen Niederschläge von bedeutendem Einfluß auf die Gesteine sind. Denkt man sich die kohlensäurehaltigen Wasser immer tiefer und tiefer in ein Gestein eindringend, so werden sie sich allmählich mehr und mehr mit Minerallösungen sättigen und können dieselben nun in größeren Tiefen, wo ihre Wirkungen durch Druck und höhere Temperaturen unterstützt werden, krystallin absetzen; zugleich verbinden sich die zugeführten einfachen Verbindungen mit den vorhandenen, woraus die zusammengesetzten Silikate der krystallinen Schiefer (Feldspat, Glimmer) hervorgehen; überflüssige zugeführte Kieselsäure scheidet sich als Quarz aus.

Auch diese Hypothese löst einerseits die obenangeführten Schwierigkeiten der Wechsellagerung umgewandelter und nichtumgewandelter Schichten nicht; anderseits ist hier eben das, was man gegen eine ursprüngliche krystalline Ablagerung anführt, nämlich die Unlöslichkeit gewisser Mineralien, gerade für die Metamorphose angenommen. Abgesehen aber von diesen Einwänden geben die Gegner der Metamorphose zu bedenken, daß jene Umwandlungsvorgänge ganz unglaublich lange Zeiträume in Anspruch nehmen, da die Zeit, welche vom Silur bis jetzt verflossen ist, nicht dazu genügt; denn silurische Schiefer sind uns, so zu sagen, unverändert erhalten. Da nun aber silurische Schichten Bruchstücke desselben Gneises, auf welchem sie liegen, einschließen, also seine Umwandlung bereits vollendet war, als das Silur sich absetzte, so müßte angenommen werden, daß zwischen dem Absatz des ursprünglichen Gneismaterials und dem der silurischen Schichten größere Zeiträume als vom Silur bis jetzt verflossen waren.

287. **Dislokations-Metamorphismus** (Dynamometamorphismus). Die meisten Gesteine sind nach ihrem Festwerden durch die gebirgsbildenden Kräfte aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht worden.

Dieser Vorgang war in der Regel verbunden mit einer Deformation der Gesteinsmassen, seien sie nun geschichtete oder eruptive Bildungen gewesen; sie wurden durch Druck zusammengepreßt, gefaltet, übereinandergeschoben, durch Zug zerrissen, gestreckt, zerstückelt. Beide Erscheinungen, Faltung und Zerbrechung, liegen in außerordentlich großen, über Landstrecken hin sich fortsetzenden Formen bis herab zu mikroskopischer Kleinheit vor. Gewöhnlich sind beide Dimensionen verbunden, d. h. wir erkennen die großen Deformationen als Summe unendlich vieler mikroskopisch kleiner. Die durch die Dislokation im großen geschaffenen Formen sind Gegenstand der tektonischen Geologie, die kleinen, besonders die mikroskopischen Formen fallen in das Betrachtungsgebiet der Petrographie.

Die durch Dislokationen hervorgerufenen Veränderungen sind teils mechanische allein, teils mit diesen verbundene chemische. Man kann mit Zirkel diese Veränderungen in vier Gruppen bringen.

1. Veränderungen bloß der Konsistenz und Kontinuität der Gesteinsmasse als solcher.

2. Veränderungen der einzelnen Gemengteile sowohl bezüglich ihres Zusammenhanges als auch ihrer Gestalt und Struktur.

3. Veränderung des Mineralbestandes durch Umwandlung und Neubildung.

4. Veränderung der Struktur des Gesteins selbst.

Rücksichtlich des ersten Punktes findet man alle Uebergänge von Spalten, die sich über weite Länderstrecken hinziehen, bis zu Zerbrechungen, die kaum mit dem Mikroskope nachweisbar sind. Es scheint, daß bei allen Biegungen und Faltungen des starren Gesteins innere Zerreißungen und Zerbrechungen bis zu den winzigsten Teilchen herab erfolgten, welche später durch Ausheilung vollkommen verdeckt wurden (Faltung durch Bruch, rupturelle Faltung). Manche Geologen sind jedoch der Meinung, daß Gesteine unter sehr hohem Drucke plastisch (Gesteine in großer Tiefe) und in diesem Zustande ohne Zerbrechung, bruchlos, gefaltet werden können.

Die an einzelnen Gemengteilen durch den Gebirgsdruck hervorgebrachten Erscheinungen sind sehr mannigfacher Art. Von molekularen Spannungen, die wir an der gestörten optischen Wirkung des Minerals bemerken, bis zu deutlicher Zermalmung und Auflösung in Trümmer (Kataklasen) kennt man alle Uebergänge. Außerdem bemerkt man Verzerrungen und Verbiegungen, Zersplitterung und Aufblätterung und andere Gestaltsveränderungen (Deformationen) wie Quetschungen und Streckungen, Zerstreuung

der Bruchstücke des Minerals in Trümmerzonen, die ganz den Eindruck von Fluidalstruktur machen können, u. dergl. m. Die teilweise oder vollständige Umwandlung des Mineralbestandes eines Gesteins ist nicht selten. Wie weit dieselbe auf Rechnung mechanischer Kräfte zu setzen ist, welche die chemischen gewissermaßen ausgelöst haben sollen, wie weit auf bloß chemische Umsätze durch Verwitterung und Auflösung, ist gewöhnlich schwer zu entscheiden. Besonders häufig beobachtete Umwandlungen sind folgende: Kalifeldspat geht sehr oft in Sericit über; das als „Saussurit" bekannte Mineral ist eine Umwandlung des kalkhaltigen Feldspats in ein Aggregat von Feldspatresten, Epidot, Zoisit u. dergl. Häufig erscheint als Neubildung Albit (mit Quarz); Augit geht in faserige Hornblende (Uralit), in Epidot, in Chlorit ꝛc. über. Sehr häufig ist der Quarz eines Gesteins eine sekundäre Bildung.

Die Struktur eines Gesteins kann durch Druck ohne Neubildungen von Mineralien verändert werden. Besonders häufig aber ist sie verbunden mit Neubildungen. So können die glimmerigen Bestandteile, welche aus Feldspaten entstehen und dieselben hüllenförmig umgeben, bei einer Streckung des Gesteins zu einer faserigen, schieferigen, augengneisartigen Struktur führen. Die schieferige Struktur wird durch Neubildung von glimmerigen Mineralien und parallele Anordnung derselben hervorgerufen. Sehr schön kann man oft die Herausbildung der schieferigen Struktur an solchen körnigen oder porphyrischen Eruptivgesteinen beobachten, welche bedeutenden Dislokationen ausgesetzt waren. Auch Thonschiefer und Sandsteine zeigen mitunter den Uebergang in krystalline Schiefergesteine. Ob aber alle krystallinen Schiefer auf diese Weise aus klastischen Sedimenten hervorgegangen sind, ist nicht sicher festgestellt. Ganz allgemein dagegen werden die Erscheinungen der sogenannten Transversalschieferung (Cleavage) auf mechanische Ursachen zurückgeführt. Auch kennt man eine Menge von Vorkommnissen, welche beweisen, daß dichter Kalkstein in Gebieten intensiver Faltungen in krystallinen, körnigen Marmor übergegangen ist.

Wie erwähnt, ist in vielen Fällen die Abhängigkeit der Metamorphose vom Druck, von der Lagerungsstörung, nachweisbar; da aber nicht selten dieselben Umwandlungsvorgänge beobachtet werden können in Fällen, in welchen die Veranlassung nicht notwendig eine mechanische gewesen sein muß, so gehen die Meinungen der Forscher über den Umfang und die Bedeutung der Dislokationsmetamorphose noch weit auseinander, wie es denn überhaupt in

der Frage der mechanischen Gesteinsumwandlung noch unzählige ungelöste Rätsel giebt.

Die eben geschilderten Gesteinsveränderungen durch oder infolge von Druck haben zur Annahme geführt, daß der ganze Komplex der krystallinen Schiefer durch solche Vorgänge entweder aus echten Sedimentgesteinen oder aus Eruptivgesteinen hervorgegangen sei. Für und gegen diese Ansicht werden Gründe vorgebracht und durch Beispiele erhärtet, ohne daß es bis jetzt gelungen wäre, von der Richtigkeit der einen oder anderen Meinung allgemein zu überzeugen.

Anhang.

Uebersicht der geologischen Formationsgruppen.

(Vergl. Fig. 86.)

4. Känozoische Formationsgruppe:

Quartärformation:	Alluvium Diluvium (Eiszeit)		Produkte noch thätiger Vulkane.
Tertiärformation: (Molassegruppe)	Pliocän Miocän Oligocän Eocän		Basalt, Trachyt (Liparit, Andesit), Phonolith, Gabbro, Granit.

3. Mesozoische Formationsgruppe:

Kreideformation:	Senon Turon Cenoman	Pläner (Quader)	Gabbro, Trachyt (z. T.), Porphyrit, Granit.
	Gault Neokom (u. Wealden)		
Juraformation:	Malm (weißer Jura) Dogger (brauner Jura) Lias (schwarzer Jura)		
Triasformation:	Keuper Muschelkalk Buntsandstein		

2. Paläozoische Formationsgruppe:

Dyasformation:	Zechstein Rotliegendes	Porphyr, Melaphyr, Diabas.
Karbonformation: (Kohlengruppe)	Produktive Steinkohlenform Subkarbon (Kohlenkalk, Kulm)	
Devonformation: Kambrium u. Silurformation:	Grauwackengruppe	

1. Archäische Formationsgruppe:

Huronformation: Laurentische Formation:	Krystalline Schiefer	Granit, Syenit, Diorit.

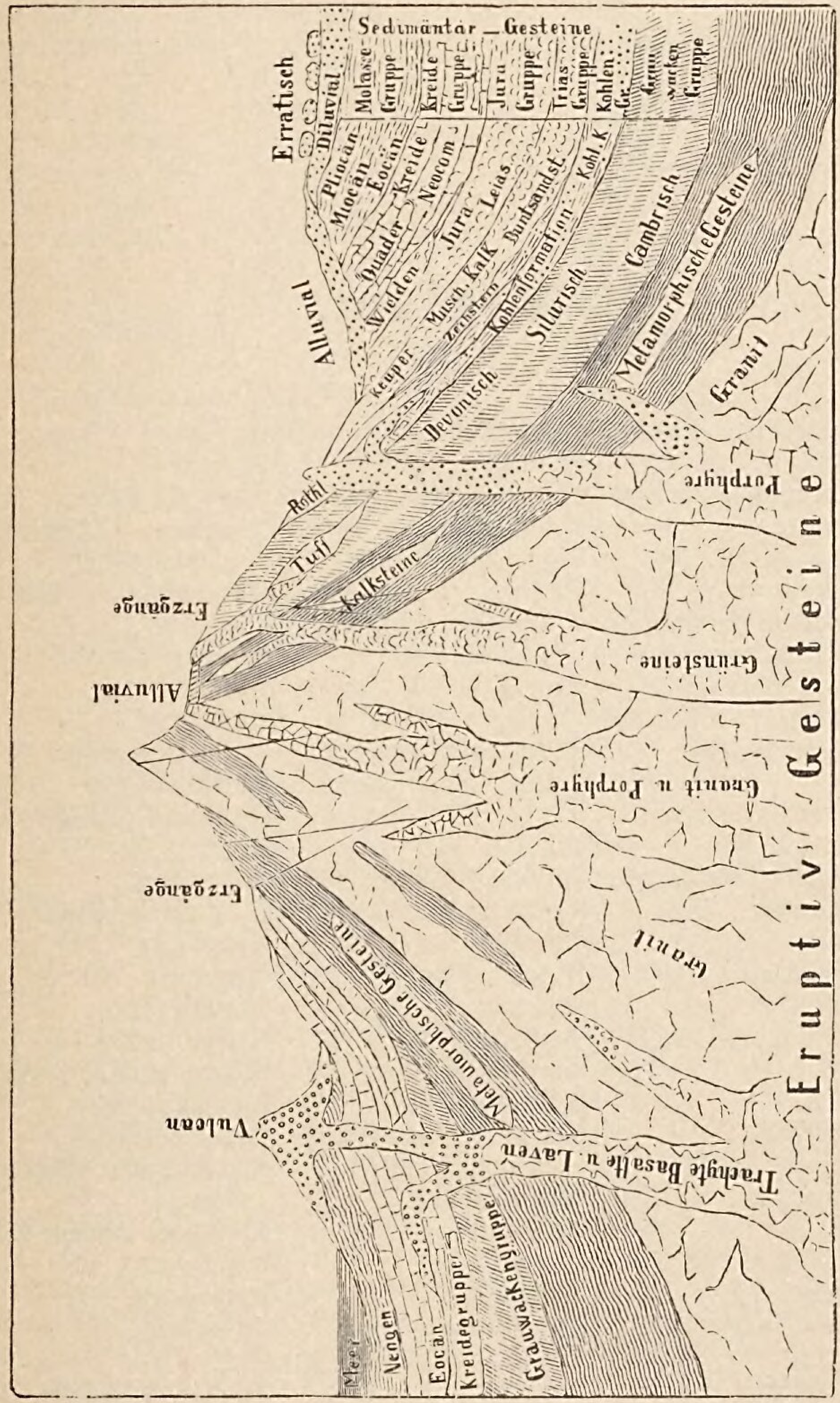

Sedimäntär _ Gesteine
Erratisch
Diluvial
Alluvial
Molasse Gruppe
Kreide Gruppe
Jura Gruppe
Trias Gruppe
Kohlen Gr.
Grauwacken Gruppe
Pliocän
Miocän
Eocän
Kreide
Quader
Neocom
Wielden
Jura
Leias
Keuper
Buntsandst.
Kohl. K.
Kohlenformation
Silurisch
Devonisch
Cambrisch
Metamorphische Gesteine
Granit
Porphyre
Rothl.
Tuff
Kalksteine
Erzgänge
Alluvial
Grünsteine
Granit u. Porphyre
Erzgänge
Granit
Metamorphische Gesteine
Vulcan
Trachyte Basalte u. Laven
Meer
Neugen
Eocän
Kreidegruppe
Grauwackengruppe
Eruptiv Gesteine

Fig. 86.

Register.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Bewegungsspiele für die deutsche Jugend. Von J. C. Lion und J. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.
Bibliothekslehre mit bibliographischen und erläuternden Anmerkungen. Neubearbeitung von Dr. Julius Petzholdts Katechismus der Bibliothekenlehre von Dr. Arnim Gräsel. Mit 33 Abbildungen und 11 Schrifttafeln. 1890. 4 Mark 50 Pf.
Bienenkunde und Bienenzucht. Von G. Kirsten. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von J. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.
Bierbrauerei. Hilfsbüchlein für Brauereipraktiker und Studierende von M. Krandauer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 4 Mark.
Bildhauerei für den kunstliebenden Laien. Von Rudolf Maison. Mit 63 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
Bleicherei s. Wäscherei ꝛc.
Blumenzucht s. Ziergärtnerei.
Börsen- und Bankwesen. Auf Grund der Bestimmungen des neuen Börsen- und Depotgesetzes bearbeitet von Georg Schweitzer. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Bossieren s. Liebhaberkünste.
Botanik, allgemeine. Zweite Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Dennert. Mit 260 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Botanik, landwirtschaftliche. Von Karl Müller. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 Abbildungen. 1876. 2 Mark.
Brandmalerei s. Liebhaberkünste.
Briefmarkenkunde und Briefmarkensammelwesen. Von V. Suppantschitsch. Mit 1 Porträt und 7 Textabbildungen. 1895. 3 Mark.
Bronzemalerei s. Liebhaberkünste.
Buchdruckerkunst. Von A. Waldow. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 43 Abbildungen und Tafeln. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Buchführung, kaufmännische. Von Oskar Klemich. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
Buchführung, landwirtschaftliche. Von Prof. Dr. K. Birnbaum. 1879. 2 Mark.
Bürgerliches Gesetzbuch s. Gesetzbuch.
Chemie. Von Prof. Dr. H. Hirzel. Siebente, vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1894. 4 Mark.
Chemikalienkunde. Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Heppe. 1880. 2 Mark.
Chronologie. Mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten von Dr. Adolf Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. 1881. 1 Mark 50 Pf.
Correspondance commerciale par J. Forest. D'après l'ouvrage de même nom en langue allemande par C. F. Findeisen. 1895. 3 Mark 50 Pf.
Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 268 Abbildungen und 13 Tafeln. 1897. 4 Mark 50 Pf.
Darwinismus. Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 30 Abbildungen und 1 Tafel. 1892. 2 Mark 50 Pf.
Delftermalerei s. Liebhaberkünste.
Differential- und Integralrechnung. Von Franz Bendt. Mit 39 Figuren. 1896. 3 Mark.
Dogmatik. Von Prof. Dr. Georg Runze. 1897. 4 Mark.
Drainierung und Entwässerung des Bodens. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.
Dramaturgie. Von Robert Prölß. 1877. 3 Mark.
Droguenkunde. Von Dr. G. Heppe. Mit 30 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.
Einjährig-Freiwillige. — Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine. Von Oberstlieutenant z. D. Moritz Exner. Zweite Auflage. 1897. 2 Mark.
Eissegeln und **Eisspiele** s. Wintersport.
Elektrochemie. Von Dr. Walther Löb. Mit 43 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 256 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.
Entwässerung s. Drainierung.
Ethik. Von Friedrich Kirchner. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1898. 3 Mark.
Familienhäuser für Stadt und Land als Fortsetzung von „Villen und kleine Familienhäuser". Von G. Aster. Mit 110 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 6 in den Text gedruckten Figuren. 1898. 5 Mark.
—— s. auch Villen.
Farbenlehre. Von Ernst Berger. Mit 40 Abbildungen und 8 Farbentafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.
Färberei und Zeugdruck. Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1885. 2 Mark 50 Pf.
Farbwarenkunde. Von Dr. G. Heppe. 1881. 2 Mark.
Feldmeßkunst. Von Dr. C. Pietsch. Sechste Auflage. Mit 75 in den Text gedruckten Abbildungen. 1897. 1 Mark 80 Pf.
Feuerwerkerei s. Lustfeuerwerkerei.
Finanzwissenschaft. Von Alois Bischof. Sechste, verbesserte Auflage. 1898. 2 Mark.
Fischzucht, künstliche, und Teichwirtschaft. Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei von E. A. Schroeder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
Flachsbau und Flachsbereitung. Von K. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. 1 Mark 50 Pf.
Flöte und Flötenspiel. Ein Lehrbuch für Flötenbläser von Maximilian Schwedler. Mit 22 Abbildungen und vielen Notenbeispielen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Forstbotanik. Von H. Fischbach. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Freimaurerei. Von Dr. Willem Smitt. 1891. 2 Mark.
Galvanoplastik und Galvanostegie. Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt von G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. G. Langbein. Mit 43 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
Gartenbau s. Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei, Rosenzucht und Obstverwertung.
Gebärdensprache s. Mimik.
Gedächtniskunst oder Mnemotechnik. Von Hermann Kothe. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. G. Pietsch. 1897. 1 Mark 50 Pf.
Geflügelzucht. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Züchter und Aussteller schönen Rassegeflügels von Bruno Dürigen. Mit 40 Abbildungen und 7 Tafeln. 1890. 4 Mark.
Gemäldekunde. Von Dr. Th. v. Frimmel. Mit 28 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.
Gemüsebau s. Nutzgärtnerei.
Geographie. Fünfte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Friedrich Traumüller. [Unter der Presse.]
Geographie, mathematische. Zweite Auflage, umgearbeitet und verbessert von Dr. Hermann J. Klein. Mit 113 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geologie. Von Dr. Hippolyt Haas. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 157 Abbildungen und 1 Tafel. 1898. 3 Mark.
Geometrie, analytische. Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 Abbildungen. 1884. 2 Mark 40 Pf.
Geometrie, ebene und räumliche. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. 1892. 3 Mark.
Gesangskunst. Von F. Sieber. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geschichte, allgemeine, s. Weltgeschichte.
Geschichte, deutsche. Von Wilhelm Kentzler. 1879. Kartoniert 2 Mark 50 Pf.
Gesetzbuch, Bürgerliches, nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Gesetzgebung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.
Gesundheitslehre, naturgemäße, auf physiologischer Grundlage. Siebzehn Vorträge von Dr. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf.
(Unter gleichem Titel auch Band 20 von Webers Illustr. Gesundheitsbüchern.)
Girowesen. Von Karl Berger. Mit 21 Formularen. 1881. 2 Mark.
Glasmalerei s. Porzellanmalerei und Liebhaberkünste.
Glasradieren s. Liebhaberkünste.
Gobelinmalerei s. Liebhaberkünste.
Gravieren s. Liebhaberkünste.
Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1897. 2 Mark.
Handelsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
Handelsrecht, deutsches, nach dem Allgemeinen Deutschen Handelsgesetzbuche von Robert Fischer. Dritte, umgearbeitete Auflage. 1885. 1 Mark 50 Pf.
Handelswissenschaft. Von K. Arenz. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Gust. Rothbaum und Ed. Deimel. 1890. 2 Mark.
Heerwesen, deutsches. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Moritz Exner. Mit 7 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Von Th. Schwartze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Sechste Auflage, neu bearbeitet von Moriz von Weittenhiller. Mit 238 Abbildungen. 1898. 2 Mark.
Holzmalerei, -schlägerei s. Liebhaberkünste.
Hornschlägerei s. Liebhaberkünste.
Hufbeschlag. Zum Selbstunterricht für jedermann. Von E. Th. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.
Hunderassen. Von Franz Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Hüttenkunde, allgemeine. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. 1877. 4 Mark 50 Pf.
Intarsiaschnitt s. Liebhaberkünste.
Integralrechnung s. Differential- und Integralrechnung.
Invaliditäts- und Altersversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.
Jagdkunde. — Katechismus für Jäger und Jagdfreunde von Franz Krichler. Mit 33 Abbildungen. 1891. 2 Mark 50 Pf.
Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste von O. Freih. von Reinsberg-Düringsfeld. Mit 2 Tafeln. 1876. 1 Mark 50 Pf.
Kellerwirtschaft s. Weinbau.
Kerbschnitt s. Liebhaberkünste.
Kindergärtnerei, praktische. Von Fr. Seidel. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1887. 1 Mark 50 Pf.
Kirchengeschichte. Von Friedr. Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.
Klavierspiel. Von Fr. Taylor. Deutsche Ausgabe von Math. Stegmayer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1893. 2 Mark.
Knabenhandarbeit. Ein Handbuch des erziehlichen Arbeitsunterrichts von Dr. Woldemar Götze. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Kompositionslehre. Von J. C. Lobe. Sechste Auflage. Mit vielen Musikbeispielen. 1895. 2 Mark.
Korkarbeit s. Liebhaberkünste.
Korrespondenz, kaufmännische, in deutscher Sprache. Von C. F. Findeisen. Fünfte, vermehrte Auflage, zum dritten Male bearbeitet von Franz Hahn. 1898. 2 Mark 50 Pf.
——— ——— in französischer Sprache s. Correspondance commerciale.
Kostümkunde. Von Wolfg. Quincke. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 459 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.
Krankenversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.
Kriegsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 126 Abbild. 1890 3 Mark.
Kulturgeschichte. Von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 2 Mark.

Kunstgeschichte. Von Bruno Bucher. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 276 Abbildungen. 1895. 4 Mark.
Lederschnitt s. Liebhaberkünste.
Liebhaberkünste. Von Wanda Friedrich. Mit 250 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Litteraturgeschichte, allgemeine. Von Dr. Ad. Stern. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1892. 3 Mark.
Litteraturgeschichte, deutsche. Von Dr. Paul Möbius. Siebente, verbesserte Auflage von Dr. Gotthold Klee. 1896. 2 Mark.
Logarithmen. Von Prof. Max Meyer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 3 Tafeln und 7 in den Text gedruckten Abbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.
Logik. Von Friedr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 36 Abbildungen. 1890. 2 Mark 50 Pf.
Luftfeuerwerkerei. Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Teilen der Pyrotechnik von C. A. von Nida. Mit 124 Abbild. 1883. 2 Mark.
Malerei. Von Karl Raupp. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 50 Abbildungen und 4 Tafeln. 1898. 3 Mark.
——— s. auch Liebhaberkünste, Porzellan- und Glasmalerei.
Marine s. Handels- bez. Kriegsmarine.
Markscheidekunst. Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Mechanik. Von Ph. Huber. Sechste Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend neu bearbeitet von Walther Lange. Mit 196 Abbildungen. 1897. 3 Mark 50 Pf.
Metallätzen, -schlagen, -treiben s. Liebhaberkünste.
Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
Mikroskopie. Von Prof. Carl Chun. Mit 97 Abbild. 1885. 2 Mark.
Milchwirtschaft. Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbild. 1884. 3 Mark.
Mimik und Gebärdensprache. Von Karl Skraup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
Mineralogie. Von Dr. Eugen Hussak. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 154 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Münzkunde. Von H. Dannenberg. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1891. 4 Mark.
Musik. Von J. C. Lobe. Sechsundzwanzigste Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.
Musikgeschichte. Von R. Musiol. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.
Musikinstrumente. Von Richard Hofmann. Fünfte, vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 189 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
Musterschutz s. Patentwesen.
Mythologie. Von Dr. E. Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.
Nagelarbeit s. Liebhaberkünste.
Naturlehre. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. C. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
Nivellierkunst. Von Prof. Dr. C. Pietsch. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1895. 2 Mark.
Numismatik s. Münzkunde.
Nutzgärtnerei. Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues von Hermann Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
Obstbau s. Nutzgärtnerei.
Obstverwertung. Anleitung zur Behandlung und Aufbewahrung des frischen Obstes, zum Dörren, Einkochen und Einmachen, sowie zur Wein-, Likör-, Branntwein- und Essigbereitung aus den verschiedensten Obst- und Beerenarten von Johannes Wesselhöft. Mit 45 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
Orden s. Ritter- und Verdienstorden.
Orgel. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel von E. F. Richter. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Hans Menzel. Mit 25 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
Ornamentik. Leitfaden über die Geschichte, Entwickelung und die charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten von F. Kanitz. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 131 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Pädagogik. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. 1890. 2 Mark.
Paläographie s. Urkundenlehre.
Paläontologie s. Versteinerungskunde.
Patentwesen, Muster- und Warenzeichenschutz von Otto Sack. Mit 3 Abbildungen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Perspektive, angewandte. Nebst Erläuterungen über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder von M. Kleiber. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 145 in den Text gedruckten und 7 Tafeln Abbildungen. 1896. 3 Mark.
Petrefaktenkunde s. Versteinerungskunde.
Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Dr. J. Blaas. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 86 Abbildungen. 1898. 3 Mark.
Philosophie. Von J. H. v. Kirchmann. Vierte, durchgesehene Auflage. 1897. 3 Mark.
Philosophie, Geschichte der, von Thales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 4 Mark.
Photographie. Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder von Dr. J. Schnauß. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
Phrenologie. Von Dr. G. Scheve. Achte Auflage. Mit Titelbild und 18 Abbildungen. 1896. 2 Mark.
Physik. Von Dr. J. Kollert. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 273 Abbildungen. 1895. 4 Mark 50 Pf.
Poetik, deutsche. Von Dr. J. Minckwitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1877. 1 Mark 80 Pf.
Porzellan- und Glasmalerei. Von Robert Ulke. Mit 77 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
Projektionslehre. Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 121 Abbildungen. 1898. 2 Mark.
Psychologie. Von Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 3 Mark.
Punzieren s. Liebhaberkünste.
Pyrotechnik s. Lustfeuerwerkerei.
Radfahrsport. Von Dr. Karl Biesendahl. Mit 1 Titelbild und 104 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
Raumberechnung. Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Dr. C. Pietsch. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. 1888. 1 Mark 80 Pf.
Rebenkultur s. Weinbau.
Rechenkunst s. Arithmetik.
Rechtschreibung, neue deutsche. Von Dr. G. A. Saalfeld. 1895. 3 Mark 50 Pf.
Redekunst. Anleitung zum mündlichen Vortrage von Roderich Benedix. Fünfte Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.
Registratur- und Archivkunde. Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten rc., sowie bei den Staatsarchiven von Georg Holtzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.
Reich, das Deutsche. Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vielfach umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1880. 3 Mark.
Reinigung s. Wäscherei.
Ritter- und Verdienstorden aller Kulturstaaten der Welt innerhalb des 19. Jahrhunderts. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Gritzner. Mit 760 Abbildungen. 1893. 9 Mark, in Pergamenteinband 12 Mark.
Rosenzucht. Vollständige Anleitung über Zucht, Behandlung und Verwendung der Rosen im Lande und in Töpfen von Hermann Jäger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von P. Lambert. Mit 70 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
Ruder- und Segelsport. Von Otto Gusti. Mit 66 Abbildungen und einer Karte. 1898. 4 Mark.

Schachspielkunst. Von K. J. S. Portius. Elfte Auflage. 1895. 2 Mark.
Schlitten-, Schlittschuh- und Schneeschuhsport s. Wintersport.
Schnitzerei s. Liebhaberkünste.
Schreibunterricht. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Georg Funk. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.
Schwimmkunst. Von Martin Schwägerl. Zweite Auflage. Mit 111 Abbildungen. 1897. 2 Mark.
Segelsport s. Ruder- und Segelsport.
Sittenlehre s. Ethik.
Sozialismus, moderner. Von Max Haushofer. 1896. 3 Mark.
Sphragistik s. Urkundenlehre.
Spinnerei, Weberei und Appretur. Lehre von der mechanischen Verarbeitung der Gespinstfasern. Dritte, bedeutend vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. A. Ganswindt. Mit 196 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
Sprachlehre, deutsche. Von Dr. Konrad Michelsen. Vierte Auflage, herausgegeben von Friedrich Neddersich. 1898. 2 Mark 50 Pf.
Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.
Statik. Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walther Lange. Mit 284 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Steinätzen, -mosaik s. Liebhaberkünste.
Stenographie. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besonderen von Prof. H. Krieg. Zweite, vermehrte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.
Stereometrie. Mit einem Anhange über Kegelschnitte sowie über Maxima und Minima, begonnen von Richard Schurig, vollendet und einheitlich bearbeitet von Ernst Riedel. Mit 159 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.
Stilarten s. Baustile.
Stilistik. Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, herausgegeben von Friedrich Neddersich. 1898. 2 Mark 50 Pf.
Tanzkunst. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende nebst einem Anhang über Choreographie von Bernhard Klemm. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 82 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Technologie, mechanische. Von A. v. Ihering. Mit 163 Abbildungen. 1888. 4 Mark.
Teichwirtschaft s. Fischzucht.
Telegraphie, elektrische. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1883. 4 Mark.
Tierzucht, landwirtschaftliche. Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.
Ton, der gute, und feine Sitte. Von Eufemia v. Adlersfeld geb. Gräfin Ballestrem. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1895. 2 Mark.
Trichinenschau. Von F. W. Rüffert. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 52 Abbildungen. 1895. 1 Mark 80 Pf.
Trigonometrie. Von Franz Bendt. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. 1894. 1 Mark 80 Pf.
Turnkunst. Von Dr. M. Kloss. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
Uhrmacherkunst. Von F. W. Rüffert. Dritte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 229 Abbildungen und 7 Tabellen. 1885. 4 Mark.
Unfallversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.
Uniformkunde. Von Richard Knötel. Mit über 1000 Einzelfiguren auf 100 Tafeln, gezeichnet vom Verfasser. 1896. 6 Mark.
Urkundenlehre. — Katechismus der Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sphragistik von Dr. Fr. Leist. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Tafeln Abbildungen. 1893. 4 Mark.
Ventilation s. Heizung.
Verfassung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.
Versicherungswesen. Von Oskar Lemcke. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 40 Pf.
Verskunst, deutsche. Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene und verbesserte Auflage. 1894. 1 Mark 50 Pf.

Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Von Hippolyt Haas. Mit 178 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
Villen und kleine Familienhäuser. Von Georg Aster. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Figuren. Sechste Auflage. 1897. 5 Mark.
(Fortsetzung dazu s. Familienhäuser für Stadt und Land.)
Völkerkunde. Von Dr. Heinrich Schurtz. Mit 67 Abbildungen. 1893. 4 Mark.
Völkerrecht. Mit Rücksicht auf die Zeit- und Streitfragen des internationalen Rechtes. Von A. Bischof. 1877. 1 Mark 50 Pf.
Volkswirtschaftslehre. Von Hugo Schober. Fünfte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. Ed. O. Schulze. 1896. 4 Mark.
Vortrag, mündlicher, s. Redekunst.
Wappenkunde s. Heraldik.
Warenkunde. Von E. Schick. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, neu bearbeitet von Dr. G. Heppe. 1886. 3 Mark.
Warenzeichenschutz s. Patentwesen.
Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
Weberei s. Spinnerei.
Wechselrecht, allgemeines deutsches. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Checkgesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.
Weinbau, Rebenkultur und Weinbereitung. Von Fr. Jak. Dochnahl. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit einem Anhange: Die Kellerwirtschaft. Von A. v. Babo. Mit 55 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Weltgeschichte, allgemeine. Von Dr. Theodor Flathe. Zweite Auflage. Mit 5 Stammtafeln und einer tabellarischen Uebersicht. 1884. 3 Mark.
Wintersport. Von Max Schneider. Mit 140 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
Zeugdruck s. Färberei.
Ziergärtnerei. Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, sowie über Blumenzucht von Herm. Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 76 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
Zimmergärtnerei. Nebst einem Anhang über Anlegung und Ausschmückung kleiner Gärtchen an den Wohngebäuden. Von M. Lebl. Mit 56 Abbildungen. 1890. 2 Mark.
Zoologie. Von Dr. C. G. Giebel. Mit 124 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Verzeichnisse mit ausführlicher Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes nebst Schlagwortregister stehen auf Wunsch kostenfrei zur Verfügung.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig

Reudnitzerstrasse 1—7.

(September 1898.)

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Blaas, Josef,

Katechismus der Petrographie (Gesteinskunde) Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine

Leipzig 1898